

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЕ

Новое
в жизни,
науке,
технике

Подписная
научно-
популярная
серия

Издается
ежемесячно
с 1988 г.

Сюита для персонального компьютера с оркестром

1989

6

Новое
в жизни,
науке,
технике

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЕ

Подписная
научно-
популярная
серия

6/1989

Издается
ежемесячно
с 1988 г.

СЮИТА ДЛЯ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА С ОРКЕСТРОМ

В НОМЕРЕ:

3 Р. Х. ЗАРИПОВ
ТВОРЧЕСТВО В АЛГОРИТМИЧЕСКИХ РАМКАХ

26 Б. М. ГАЛЕЕВ
ВОЗМОЖНО ЛИ МАШИННОЕ ТВОРЧЕСТВО
(на примере анализа светомузыки)

33 А. Б. РОДИОНОВ
«ЭЛЕКТРОННЫЙ ОРКЕСТР» И ПЕРСОНАЛЬНЫЙ КОМПЬЮТЕР

39 Н. К. ЛЯДОВ
ЭКСКУРСИЯ В MIDI
ЧТО МЕШАЕТ РАЗВИТИЮ МУЗЫКАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ?

РУБРИКИ:

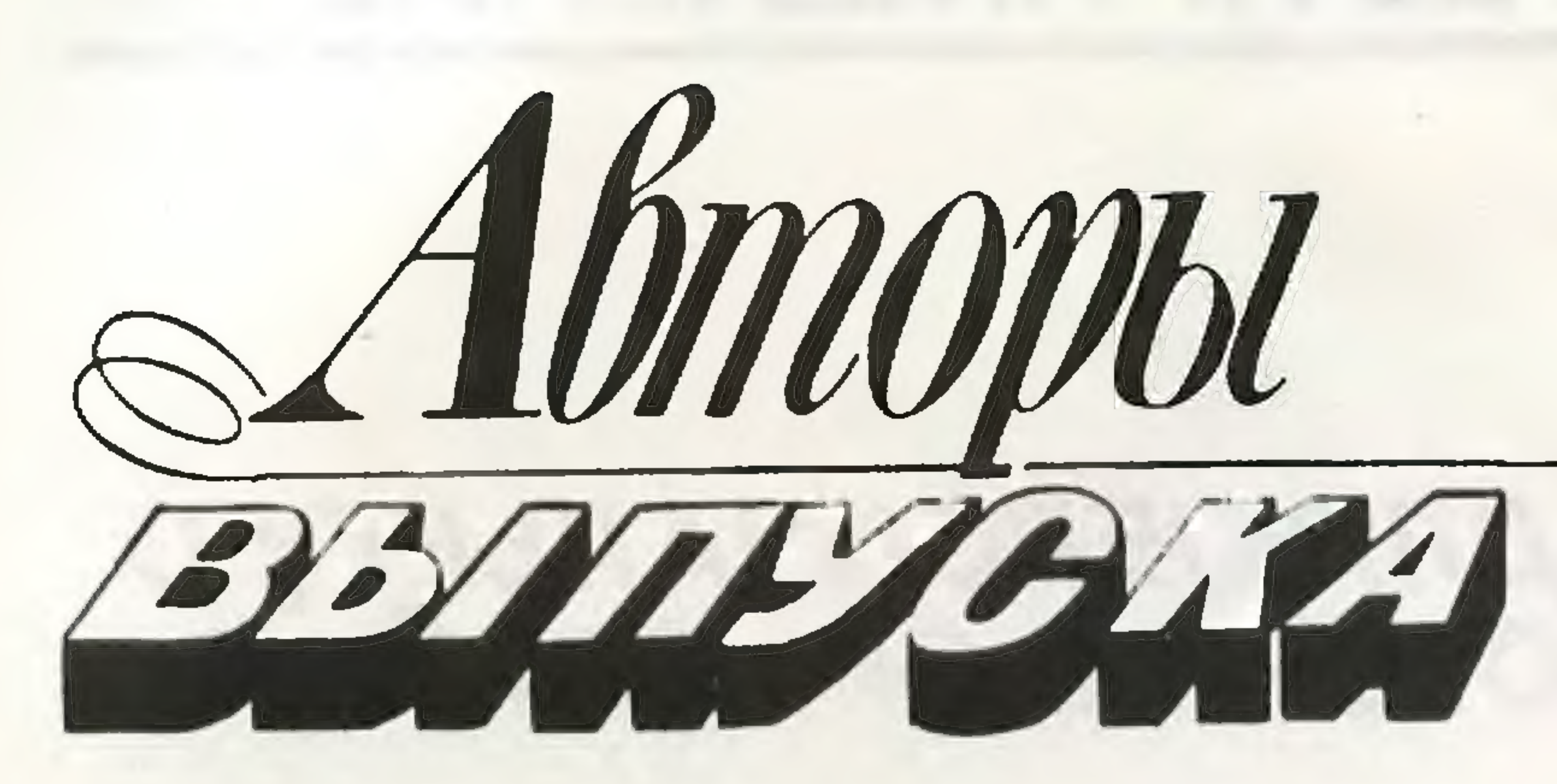
БК ЗА РОГА
НАМ ПИШУТ

МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СРЕДСТВА И СИСТЕМЫ



Издательство
«Знание»
Москва
1989

ББК 32.973
С 98





ЗАРИПОВ Рудольф Хафизович — кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник ВЦ АН СССР. Специалист в области кибернетического моделирования творчества.

ГАЛЕЕВ Булат Махмудович — доктор философских наук, работает в Казанском авиационном институте.

РОДИОНОВ Андрей Борисович — программист и композитор.

ЛЯДОВ Николай Константинович — начальник отдела ПО «Вектор», директор общественного Центра музыкальной электроники «Артон».

БАБИЧ Елена Ивановна — старший редактор журнала «Микропроцессорные средства и системы»

СЕМЕНОВ Олег Юрьевич — студент Севастопольского приборостроительного института.

Редактор Б. М. ВАСИЛЬЕВ

ISBN 5-07-000511-1



Машинной музыкой (computer music) принято называть музыку, при порождении которой (неважно, в какой мере) используется ЭВМ. Этот же термин относится и к синтезированию звуков с помощью ЭВМ. Распространившийся в последние годы термин «компьютерная музыка» обозначает музыку, при сочинении и записи которой человеком используется музыкальный компьютер — новейший музыкальный инструмент с электронным синтезатором звука, управляемый персональной ЭВМ и снабженный фортепианной клавиатурой, видеоэкраном и устройством для печатания нот на бумаге.

...Все оттенки смысла умное число передает.
Н. Гумилев. Слово

Р. Х. ЗАРИПОВ

ТВОРЧЕСТВО В АЛГОРИТМИЧЕСКИХ РАМКАХ

Творчество и ЭВМ

Моделирование на ЭВМ сочинения мелодий и эксперименты по сравнительной оценке человеческих и машинных мелодий, проведенные автором [1, 2, 7], показывают, что машина уже теперь успешно справляется с этим видом творчества, в котором на протяжении многих десятилетий (если не столетий) установилась определенная стабильная, стереотипная музыкальная форма — ее структура, средства выразительности и язык.

Подобная стереотипность в сочетании с вариационностью наблюдается и в других видах художественного творчества, например в волшебных сказках [19], в стихотворениях простой формы (песни скальдов) [3, 20], в кружевоплетении [1] и т. д.

Такие эксперименты связаны и со способом отыскания объективных (межличностных) критериев оценки продуктов художественного творчества, что представляет собой определенную трудность, поскольку основаны на психологии восприятия [1, 2]. Здесь необходимо оговориться о терминологической путанице, возникающей нередко в связи с этой проблемой. Понятие о продукте (результате) художественного творчества часто необоснованно смешивается с понятием о произведении искусства (или даже о шедевре мирового искусства), к которому предъявляются повышенные эстетические требования, а эту тонкость в понятиях, очевидно, не все улавливают.

Результаты, полученные при моделировании творческой деятельности на ЭВМ, заставляют по-новому взглянуть на ее различные стороны. Они во многом меняют традиционное представление о характере и природе творчества.

Так, еще недавно — до использования ЭВМ — сочинение музыки и подобные творческие процессы считались лишь привилегией высшего проявления человеческого духа с его способностью к озарению, порывам вдохновения и т. п. Теперь, после ознакомления с машинными композициями и другими результатами моделирования творчества, ясно, что и алгоритм порождает такую же деятельность. Напрашивается вывод, что подавляющее большинство элементов творческой деятельности, реализуемых человеком по интуиции, на самом деле являются реализацией неосознаваемых, но объективно существующих и формализуемых критериев красоты и вкуса. Так, не вполне осознаваемое варьирование заимствованных элементов проявляется как перенос идей из других видов творчества или рассуждение по аналогии, что присуще любому творческому процессу и занимает в нем важное место.

И в силу общности глобальных процедур мышления именно рассуждение по аналогии при рассмотрении действующей модели некоторого вида творчества (например, музыкального) помогает осознать глубинные механизмы и в других видах творчества. При этом совокупность глобальных процедур как бы является «оболочкой», которая в каждом конкретном виде творчества заполняется конкретным содержанием (базой данных и базой знаний).

Кроме того, такие компьютерные исследования подтверждают подвижность границы между знанием и незнанием, между алгоритмически описан-

ным и «чистым» творчеством — тем, что еще пока не поддается алгоритмизации и совершается по интуиции.

Но интуиция обязательно опирается на объективно существующие, еще не обнаруженные закономерности. И моделирование на ЭВМ, являясь мощным методом познания, способствует постижению глубинных, неосознаваемых закономерностей мышления и творчества.

Машинное творчество (машинное сочинение музыки)

Машинное творчество понимается здесь как моделирование (имитация, приближенное воспроизведение) на ЭВМ процесса или результата человеческого творчества, осуществляемое по алгоритму, включающему в себя выявленные и осознанные при анализе творчества знания о его закономерностях. (Разумеется, из совпадения результатов человеческого и машинного творчества не следует совпадение и самих процессов, приводящих к этим же результатам.) Так, машинное творчество в сочинении музыки — это машинное сочинение музыки, воспроизводимое по предварительно осознанным законам творчества композиторов (или его результатов — нотных текстов).

При таком подходе к проблеме машинного творчества само собой отпадают как несостоятельные, нередко бытующие соображения о том, что машинное творчество невозможно вследствие неодушевленности машин, отсутствия у них внутреннего мира, инстинктивного стремления к самосознанию. самовыражения и других человеческих качеств. Действительно, эти качества у современной машины отсутствуют. Только зачем они ей нужны, если нас интересуют результаты ее работы, а не она сама? Ведь все необходимые сведения для получения результатов содержатся в алгоритме, по которому работает машина. Но и они (эти качества, поскольку они существуют объективно) поддаются анализу, выявлению и моделированию после их, разумеется, машиноориентированного, а не традиционного исследования. «Погруженные» в некоторую предметную область, такие качества реализуются в машинной модели для конкретного вида деятельности, как это делается при моделировании процесса сочинения музыки, результаты которого не отличаются от человеческих [1, 2]. Такой вывод подсказывают многократно проведенные эксперименты по сравнительной оценке мелодий, сочиненных профессиональными композиторами и машиной, а также публичные исполнения машинных песен: «Гимна Искусственному Интеллекту» на слова А. Н. Аверкина (первое исполнение 19 апреля 1977 г по Всесоюзному радио и на Международном совещании по искусственному интеллекту в Репино [2]) и «Шашечного гимна» на слова А. М. Кондратова (первое исполнение 28 мая 1984 г. на фестивале памяти В. В. Сокова в Нарве [3]).

Исследование «человеческих» свойств музыки неизбежно приводит к необходимости машиноориентированного изучения психических функций, элементов мышления, присущих творчеству. Конкретно в нашем случае — мышления композитора при сочинении музыки и особенно мелодии — наиболее неосознаваемого элемента музыкального творчества.

Процесс человеческого творчества, как и мышление, во многом протекает неосознанно, и человек не фиксирует на многих его процедурах своего внимания, попросту не замечая их. Это обстоятельство нередко порождает иллюзию легкости машинного воспроизведения сочинения мелодии, чтения рукописного текста [4], узнавания того или другого человека по его голосу и других неосознаваемых действий. На самом деле именно в силу этого обстоятельства они представляют собой наибольшие принципиальные трудности для машинной реализации и вследствие полной неизученности этих вопросов в традиционной психологии мышления. Машинное творчество представляется, таким образом, одним из методов исследования и познания творчества человека — как его результатов, так и самого процесса.

Изучение и осознание интуитивных, глубинных процессов мышления в научном и художественном творчестве

давно привлекают исследователей и просто пытливых людей, пытающихся разрешить извечный вопрос: «Почему мысль из головы поэта выходит, уже вооруженная четырьмя рифмами, размеренная стройными, однообразными стопами?» (А. С. Пушкин. Египетские ночи). Примечательно, что их интересовало не то, как получается шедевр творчества, а как получается результат творчества. Сейчас же почему-то многие (среди них и музыканты, и философы, специализирующиеся на критике «буржуазной» идеологии) видят в работах по машинному творчеству лишь необоснованные и неумеренные притязания их авторов выдать машинные результаты за произведения искусства — шедевры художественного творчества. Но именно эти притязания и не являются целью работ по машинному творчеству.

Ведь шедевры, как подтверждает многовековая практика, из всего множества продуктов творчества отбирает по неведомым законам не человек-творец, а, говоря образно, время. Проблема шедевра, как и примыкающая к ней проблема популярности, совершенно не изучена до сих пор. Как тут не вспомнить Антонио Сальери, выдающегося музыканта своего времени, композитора и педагога. Его учениками были Бетховен, Лист, Шуберт и многие другие знаменитости. Музыка его была, пожалуй, не менее популярна, чем музыка Моцарта, а его оперы шли на сценах многих европейских театров. Казалось бы, все предвещало ему бессмертную славу великого композитора. Но время рассудило иначе — вряд ли вы где-нибудь услышите сейчас музыку Сальери, и даже имя его упоминается обычно лишь в связи с известной легендой.

Интересно развитие этой же мысли в письме Б. Л. Пастернака от 15 декабря 1955 г. некоему Марку Григорьевичу: «Даже в случае совершенно бессмертных, божественных текстов, как, например, Пушкинские, всего важнее отбор, окончательно утвердивший данную строчку или страницу из сотни иных возможных. Этот отбор производит не вкус, не гений автора, а тайная, побочная, никогда вначале не известная, всегда с опозданием распознаваемая сила, видимость безусловности, сковывающая произвол автора, без чего он запутался бы в безмерной свободе своих возможностей.

В одном случае это трагический задаток, присутствие меланхолической силы, впоследствии сказывающийся в виде преждевременного самоубийства, в другом — черта предвидения, раскрывающаяся потом посмертной победой, иногда через сто лет, как было со Стендалем. Но во всех случаях именно этой стороной своего существования, обусловившей тексты, но не в них заключенной, разделяет автор жизнь поколения, участвует в семейной хронике века, а это самое важное, его место в истории, этим именно велик он и его творчество».

Одним из методов исследования таких глубинных процессов мышления служит машинное моделирование.

Краткая история использования ЭВМ в музыке

С появлением электронной вычислительной техники музыка, как и другие виды художественного творчества, стала объектом исследования с помощью ЭВМ. Машина с ее быстродействием и возможностью производить логические операции (лежащие в основе мыслительной деятельности) дала толчок развитию таких работ в разных областях музыкального искусства.

Первые опыты — сочинения машинной музыки — появились в 1956 г. и были посвящены имитации музыки (в основном мелодий) традиционной (классической) структуры. Позднее к машине обратились композиторы нетрадиционного (авангардистского, модернистского) направления, чему были веские причины. Довольно скоро выяснилось, что машинное сочинение в стиле классической музыки оказалось значительно сложнее, чем ожидалось вначале. К тому же уровень приблизительных представлений о природе этого вида музыки, свойственный традиционному музыковедению, был не пригоден для их применения в машин-

ном моделировании, поскольку совершенно не учитывал неосознаваемых категорий, весьма существенных в процессе музыкального творчества. Использование же некоего легко осуществимого «универсального» метода, будто бы способного (по утверждению его приверженцев) точно имитировать стиль любого композитора (на деле это был метод синтеза цепей Маркова в его примитивнейшей форме[1]), оказалось несостоятельным, ибо не учитывало специфику самой музыки. Короче говоря, моделирование, более пригодное для исследовательских работ, оказалось малоэффективным для получения практических результатов при сочинении профессиональной музыки. Поэтому композиторы стали использовать машину лишь в качестве помощника для выполнения рутинной части творческого процесса — для производства вариантов фрагментов (преимущественно нетрадиционной) музыки, включаемых в музыкальную композицию уже без помощи машины, по своему вкусу.

Главное отличие этих двух видов музыки сводится к следующему: классическая музыка основана на неосознаваемом выявлении («открытии») скрытых от личности, глубинных закономерностей этого вида творчества — правил композиции, в то время как для модернистской музыки композиционные приемы прежде всего конструируются («изобретаются»). Отсюда вытекают и принципиальные трудности машинного исследования — анализа и моделирования мелодий классического стиля. А взаимно непримиримое отношение представителей этих музыкальных направлений метко выражено Я. П. Полонским:

Они для нас, а мы для них невежды,
У них свои певцы, они свое поют...
(*Томит предчувствием...*)

А еще смотри Коран: «У вас — ваша вера, и у меня — моя вера» (Сура 109).

[1] Марковская цепь в нашем случае — это такая последовательность нот, в которой вероятность появления некоторой ноты зависит лишь от нескольких непосредственно предшествующих ей нот. В описываемых экспериментах «нота» — это на самом деле высота ноты, не связанная с другими параметрами мелодии.

Работы, связанные с использованием ЭВМ в музыке, проводятся в нашей стране и за рубежом по следующим направлениям:

1) Звуковоспроизведение — синтез звуков (тембров), а также воспроизведение последовательности синтезированных звуков в соответствии с введенными в ЭВМ (закодированными) нотами, служащими своеобразным алгоритмом — системой указаний для музыканта.

2) Анализ нотных текстов музыкальных произведений.

3) Синтезирование нотного текста музыкальных композиций — собственно машинное сочинение музыки.

4) Создание музыкально-ориентированных языков программирования, предназначенных для ввода в ЭВМ музыкальной информации, ее машинной обработки и вывода результатов из ЭВМ, а также для составления машинных программ (см., например, [5]).

5) Ввод в ЭВМ музыкальных текстов для формирования банка музыкальных данных и вывода из памяти ЭВМ музыкальной информации в виде, удобном для непосредственного использования музыкантами — исполнителями или теоретиками [6]. Сюда же относится проблема машинной полиграфии — печатания нотных партитур и их машинного редактирования.

Большое число работ в рамках этих направлений приводится в обзорах [1, 7, 8], где даны и нотные примеры машинных композиций, полученных в экспериментах разных авторов.

Совпадение фрагментов в произведениях художественного творчества

Рассмотрим примеры стихов и песенных мелодий (рис. 1), в каждой паре (тройке) которых наблюдаются совпадения их фрагментов — длиной от 2 до 7 слов и от 10 до 14 звуков; в скобках после названия стихотворения дается год его сочинения, иначе — даты жизни его автора.

1) Мила нам добра весть о нашей стороне:
Отечества и дым нам сладок и приятен.
Г. Р. Державин.
Арфа (1798)



Рис. 1. Сходные по звучанию отрывки разных мелодий, обнаруженные с помощью ЭВМ

Когда ж постранствуешь, воротишься домой,
И дым отечества нам сладок и приятен!
А. С. Грибоедов.
Горе от ума (1824)

2) Ах! Не с нами обитает
Гений чистой красоты.
В. А. Жуковский.
Лалла Рук (1821)
Как мимолетное виденье,
Как гений чистой красоты.
А. С. Пушкин.
К А. П. Керн (1825)

3) Я помню *чудное мгновенье:*
А. С. Пушкин.
К А. П. Керн (1825)
И в это *чудное мгновенье*
И. С. Никитин.
Моление о чаше (1854)

4) *Москва... Как много в этом звуке*
Для сердца русского слилось!
А. С. Пушкин.
Евгений Онегин,
VII—36 (1830)
Москва! Как много в этом звуке
Скворешниц, звона, калачей.
Н. А. Клюев.
Москва!
Как много... (1927)

5) *Пускай она поплачет...*
Ей ничего не значит!
М. Ю. Лермонтов.
Завещание (1840)
Пусть она услышит, *пусть она поплачет,*
Ей чужая юность *ничего не значит.*
С. А. Есенин.
Сыпь, тальянка,
звонко...
(1925)

6) Не плачь, дитя! Не плачь напрасно!
Твоя слеза на труп безгласный
М. Ю. Лермонтов.
Демон, ч. I,
XV (1841)
Не плачь, дитя, ищи веселья...
Твои все *слезы* подобрать
П. А. Козлов
(1841—1891).
Не плачь, дитя...

7) Рассказать, что с той же страстью,
Как вчера — пришел я снова,
А. А. Фет.
Я пришел к тебе
с приветом
(1843)
Как вчера, пришел я снова
Ей «люблю» сказать;
П. А. Козлов (1841—1891).
Как вчера, пришел я...

8) *Средь шумного бала,* случайно,
В тревоге мирской суеты
А. К. Толстой.
Средь шумного бала
(1856)
Средь шумного бала расстались мы;
П. А. Козлов (1841—1891).
Средь шумного бала...

9) *О, Русь моя!* Как муж разумный,
А. С. Хомяков.
Раскаявшейся России
(1854)
О, Русь моя! Жена моя!
А. А. Блок. На поле Куликовом
(1908)

10) *В тайник* души проникла плесень,
Не надо плакать, петь, идти,
Чтоб в рай моих заморских песен
Открылись торные пути.
А. А. Блок.
Балаган (1906)
Чтоб *в тайники* твоих раздолий
Открылись торные пути?
Н. А. Клюев.
В морозной мгле
(1911)

11) *Вставай, страна моя родная!*
А. С. Хомяков.
России (1854)
Широка *страна моя родная,*
В. И. Лебедев-Кумач.
Песня о родине
(1936)
Вставай, страна огромная,
В. И. Лебедев-Кумач.
Священная война
(1941)

Не исключено, что вторая (третья) строка в большинстве стихотворных и нотных примеров написана под впечатлением фрагмента из первой строки. Наблюдается заимствование фрагментов (осознанное или невольное) — наиболее важный и необходимый прием творчества, механизм которого рассматривается в настоящей работе на материале музыки.

В литературоведении давно известно явление заимствования и его разновидности — *реминисценции* (от латинского «напоминание») как сознательного поэтического приема, рассчитанного на память и ассоциацию читателя, обогащающие восприятие произведений, хотя механизм его совсем не изучен. Поэтому факты заимствования в поэзии не считаются зазорными среди литераторов и поэтов. Более того, факт литературных заимствований даже усиленно подчеркивался ими.

Другое отношение к этому явлению в музыке. И сейчас еще слово «заимствование» нередко вызывает резко отрицательную реакцию, подобную термину «плагиат», особенно у людей, не знакомых с исследованиями этого феномена, что мне постоянно приходится наблюдать во время моих выступлений на эту тему. (И уж совсем странно упорство некоторых композиторов, которые видят в заимствованиях лишь случайное совпадение.) Но что делать, если это

слово наиболее точно выражает ситуацию?

Сразу же во избежание возможных недоразумений заметим следующее. Подобное заимствование мелодий или их фрагментов, распространенное в музыкальной практике, не является предосудительным в деятельности профессиональных композиторов. Его не только не следует расценивать как плагиат, но необходимо выделить как один из способов творчества, поскольку такое заимствование связано с творческой обработкой, существенно отражающей стилевые черты композитора.

Подкрепим это мнение толкованием слова «плагиат», приведенном в Энциклопедическом музыкальном словаре (М.: 1966. — С. 395): «Плагиат (от латинского plagio — похищаю) — заимствование из чужого музыкального, литературного или иного произведения без указания источников. Карается по закону. От этого понимания плагиата следует отличать творческую обработку или цитатное использование музыкальных тем, заимствованных из чужих произведений, народной музыки, широко распространенное в музыкальной практике и называемое в западноевропейской литературе также плагиатом».

В живописи тоже можно найти немало картин со сходными сюжетами и даже «цитатами» (теперь это называется коллажами) из других произведений. Знаменитая картина Ф. П. Решетникова «Опять двойка» (1952) — это реминисценция забытой ныне картины Д. Г. Жукова с тем же по смыслу названием «Провалился» или «Срезался» (1885) и с тем же самым сюжетом и теми же персонажами.

О том, что заимствование — это сущность творчества, догадывались и высказывались многие творцы. Представляют интерес высказывания А. А. Ахматовой, о чем можно узнать из дневниковых записей литератора П. Лукницкого (Огонек. — 1987. — № 6. — С. 11). В них говорится о том, что она занималась исследованием поэтического творчества А. С. Пушкина, который (как и другие поэты), по ее словам, часто пользовался «кусками», «взятыми из других авторов». Приведем отрывок из записи от 18.04.1926 г.: Анна Андреевна «заговорила о том, что теперь уже много выясняется в области взаимодействий одного поэта на другого, того, о чем десять лет тому назад и не задумывались просто: что, вероятно, изменится взгляд на сущность поэтического творчества. Такое исследование, какое сделал Эйхенбаум над Лермонтовым, сейчас звучит почти как укор Лермонтову: «Никто не пользовался чужими стихами, а он один это делал!». В действительности же не он один, Лермонтов, — все это делали, но исследован-то только один Лермонтов. Теперь все занялись исследованиями и над другими поэтами, и в скором времени, конечно, многое узнается и выяснится... И конечно, не попрекать поэтов этими заимствованиями придется, а просто изменить взгляд на сущность поэтического творчества. Оно будет пониматься иначе, чем понималось до сих пор и лет десять назад, например <...>.

В телепередаче, посвященной 40-летию кинофильма «Два бойца», композитор Н. В. Богословский вспоминает, как для героя фильма — одессита он сочинял ставшую популярной песню «Шаланды, полные кефали» на стихи В. И. Агатова, наконец-то опубликованные в «Огоньке» (1988, № 45). Чтобы написать песню в стиле веселых одесских уличных песен, в студию (это было в Ташкенте в 1942 г.) пригласили «коренных одесситов, патриотов своих песен... И все они два дня пели наперебой всевозможные типично одесские песни». В результате такого «погружения» в одесские мелодии композитор «потом, сплавив характерные обороты и интонации, написал «Шаланды», песню вполне самостоятельную, не заимствованную».

Композиторы не любят рассказывать о своих «творческих секретах», прикрываясь многозначительными, но лишенными информативности туманными терминами «озарение», «муки творчества», «порыв вдохновения», утверждая обычно, что никакого заимствования в музыке не происходит, а бывает лишь сознательное использование известной темы для ее развития в сочиняемой музыке или случайное совпадение, что явно противоречит действи-

тельности. И на этом фоне признание Н. В. Богословского вызывает интерес: в нем композитор сам вскрывает один из «методов» сочинения мелодии — явление само по себе редкое, сознательно реализовав для облегчения своей задачи тот его этап, который, по-видимому, в композиторской практике осознается не всегда. Характерный пример реминисценции в музыке.

Моделирование творчества

Изучение интуитивных, глубинных процессов мышления в разных сферах научного и художественного творчества давно привлекает исследователей. В связи с этим рассмотрим понятия модели и моделирования. Иногда эти понятия связывают со словом «мода» и родственным ему «модельер» (например, в выражении «моделирование одежды» или «модельер женского платья»). Однако в нашем случае понятие модели основано на наличии некоторого соответствия, сходства двух объектов — оригинала и модели. Это сходство может быть либо внешним, либо относиться к внутренней структуре непохожих внешне объектов, либо к определенным чертам поведения. Имитационное моделирование как метод искусственного воспроизведения интересующих исследователя свойств объекта-оригинала в доступной для наблюдения и изучения модели иной физической природы используется с древнейших времен. Идея моделирования проста и заключается в том, чтобы по результатам экспериментов на искусственной модели судить о процессах, происходящих в естественных условиях. Известны разные виды моделей — аналоговые физические системы (устройства, установки), математические формализмы, отражающие существенные свойства или характеристики изучаемого объекта, процесса или явления и т. д. В настоящее время получило большое распространение создание моделей на ЭВМ — ведь ЭВМ пригодна не только для решения вычислительных задач.

Отметим еще одно качество, которому должна удовлетворять модель при имитации некоторого объекта. Математик, вводя соответствующие постулаты, может создать непротиворечивую, но не обязательно отражающую реальность систему, как, например, «Воображаемая геометрия» Н. И. Лобачевского. Модель же должна отражать некую реальность и ей соответствовать. Степень сходства модели и ее прототипа определяется при сравнении машинных и человеческих результатов в специальном эксперименте.

В предыдущем разделе был дан пример того, как при сочинении музыки в стиле определенных композиций композитор, «погружаясь» в этот стиль, как бы формирует модель для его имитации. Похоже, что это типичный пример моделирования. Однако такого рода субъективное моделирование, являясь творческим приемом, распространенным в композиторской практике (вспомним хотя бы, как сочинялись «Арагонская хота» М. И. Глинкой или «Итальянское каприччио» П. И. Чайковским), не вскрывает закономерностей структуры «исследуемого» объекта и не дает научного знания о творческом процессе, следовательно, не является методом познания.

Первоначальные знания об объекте исследования (в частности, о музыкальном произведении или процессе его создания) приобретаются при его анализе. На этой основе могут строиться модели, которые можно назвать статическими. В них выявляются элементы объекта и производится статистическая обработка наблюдаемых (видимых в эксперименте) данных, когда определяется, как часто встречается в музыкальном сочинении тот или иной элемент. Статистические структуры, обнаруженные при анализе, отражают некую стохастическую детерминированность, характеризующую скрытые от личности (неосознаваемые) стилевые или видовые особенности мышления композитора. Этому направлению посвящены, например, исследования рижского математика В. К. Детловса [9].

Однако многие существенные стороны объекта не поддаются непосредственному наблюдению, и «статические» модели вследствие этого не могут обеспечить решение многих проблем

исследования. Так, от данных, отраженных в моделях этого типа, невозможно перейти к выявлению структуры самого алгоритма, порождающего эти данные. И исследователь вынужденно создает лишь гипотетическое представление о механизме порождения объекта исследования. На этом многие традиционные исследования (например, в психологии или музыковедении) завершаются.

Но сколь бы очевидной или правдоподобной ни была гипотеза, она требует подтверждения в объективном эксперименте. И методом подтверждения гипотез служит моделирование на ЭВМ. К тому же «статические» модели (например, статистические структуры объекта) не дают представления о взаимосвязи элементов или развитии исследуемого процесса. Только *динамическая* интерпретирующая модель позволяет осознать, как из простейших элементов в их взаимодействии порождается сложный объект под влиянием действующих на него факторов, а также выявить в машинном эксперименте степень существенности закономерностей.

Необходимость искусственного воспроизведения объекта при моделировании приводит к *осознанию* его существенных черт и способствует объективному познанию его: ведь алгоритм — машинная программа, согласно которой работает ЭВМ, включает в себя закономерности, выявленные при анализе. Разумеется, машина не использует ничего сверх того, т. е. не осознанного предварительно человеком (что случается при «ручном», безмашинном моделировании). Таким образом, моделирование на ЭВМ — это объективный (межличностный) метод проверки гипотез и, следовательно, *метод познания*.

Важный этап моделирования, значение которого недооценивается многими исследователями, — оценка машинных результатов: именно здесь устанавливается степень сходства машинных и человеческих результатов. Это единственный критерий совершенства алгоритма (и отлаженности машинной программы), правильности принятых принципов моделирования и степени изученности объекта исследования. Кроме того, выясняется, достаточно ли тех сведений или знаний, которыми обладает программа, для воспроизведения изучаемого объекта.

Закономерности мышления и восприятия, присущие творчеству, изучаются методом моделирования на ЭВМ в рамках проблемы искусственного интеллекта. И разработке самих ее методов способствуют при моделировании творчества именно выявление и формализация тех процедур мышления, которые человек использует в разных сферах своей деятельности неосознанно, не замечая их. Поэтому в качестве материала исследования целесообразно выбрать такую задачу, которую человек обычно решает легко и просто, без осознанного применения правил, которые всегда некомфортны для человека. Иначе говоря, правила, которые нужно усвоить, должны быть максимально просты, а видимые средства — минимальны. Таким условиям вполне удовлетворяет сочинение мелодии — наиболее неосознаваемого элемента музыкального творчества. Это одна из задач, на решении которой человек не фиксирует своего внимания, что и вызывает при ее решении немалые трудности принципиального характера. Так, эти трудности привели к тому, что зарубежные исследователи перешли от идеи моделирования традиционной музыки к идее синтезирования музыки новых, нетрадиционных структур (модернистской музыки). Второе значительно проще — ведь для этого не нужно выявлять скрытые от личности, глубинные закономерности музыки, связанные к тому же с закономерностями мышления композитора.

Алгоритмизация музыкального сочинения

Как же устроена машинная программа? Как в самых общих чертах происходит синтезирование композиций на ЭВМ?

Датчик случайных чисел — закодированных нот — предлагает одну ноту за другой. Каждая из них как бы пропускается через фильтр, которым служит набор запрограммированных правил

композиции (или база знаний — по терминологии специалистов в области искусственного интеллекта). Если нота удовлетворяет этому набору, она помещается в нотную строку, если нет — отбрасывается, а вместо нее предлагается другая. И так до тех пор, пока не будет получена законченная композиция, которая печатается или воспроизводится в звуке.

Но это общий принцип, который используется во всех программах, «сочиняющих музыку» на ЭВМ, а также во всех моделях творчества. А различаются программы всего лишь набором правил — фильтром. Но именно от него зависит эффективность модели и качество машинных результатов. Заметим, что система фильтров является существенным элементом и любого человеческого вида творчества. Теперь посмотрим, как устроены эти фильтры.

Музыкальная композиция характеризуется некоторым набором параметров, отражающих ее закономерности. Параметром может быть диапазон мелодии, тактовый размер, распределение частот интервалов в мелодии, количество ступеней в октаве и др. Каждый параметр принимает по нескольку значений, которыми являются определенное число или числовая структура, конкретный закон распределения частот, интервалов, набор аккордов и т. п. Под типом композиции понимается ее качественная характеристика — определенный признак или особенность, присущие некоторой совокупности композиций (стиль, жанр, эмоциональная направленность), — это «танцевальная музыка», «вальс», «напевность» и т. п.

Моделирование некоторого типа композиций основано на предположении, что любой тип Т характеризуется определенным набором значений параметров М. В соответствии с этим качественной или субъективной характеристике (тип Т) отвечает некоторая типовая структура (или фрейм[1]), т. е. формально-количественная характеристика (набор М). Покажем, как набор М связан с программой, порождающей некоторый тип композиций. Программа включает в себя определенное множество значений параметров — формализованных закономерностей и средств композиции. А набор М перечисляет лишь некоторое подмножество его, так как для каждого параметра указано лишь одно его значение. Этим указывается перечень тех закономерностей, которым и формируется (автоматически) программа. Для параметров, значения которых не заданы, они выбираются случайным образом.

Таким образом, каждый раз в процессе синтезирования композиции участвуют не все запрограммированные правила, а лишь их часть, указанная набором М, который и служит тем фильтром, о котором говорилось выше. Эти наборы (фильтры) можно составлять по-разному, и каждому из них соответствует определенный тип композиции, т. е. по одной и той же программе можно синтезировать композиции разных типов, которые производят на слушателей, вообще говоря, разное эмоциональное впечатление. Вместе с машинной композицией печатается и перечень правил М, т. е. указывается ее структура, что в принципе позволяет решить традиционную проблему искусствоведения и психологии восприятия — найти зависимость между структурой музыки и ее воздействием на эмоциональное состояние слушателей.

Число разных композиций зависит от ограничений, накладываемых на очередную композицию, от условий, которые в ней должны выполняться. При слабых ограничениях их может быть бесчисленное множество, при жестких — это число уменьшается до единиц. Может даже получиться заранее известная мелодия, если точно описать ее характеристики в рамках возможностей программы. Так была синтезирована машинная мелодия, полностью совпадающая с «Молодежной» И. О. Дунаевского из кинофильма «Волга-Волга», что подтвердило предположения о механизме порождения мелодий массовых песен. Ведь только благодаря этому и могла получиться машинная композиция, совпадающая с известной мелодией.

[1] Фрейм — структура данных, предназначенная для представления стереотипной ситуации. Обычно это подсеть в семантической сети. Описание фреймов см. [10].

Мелодии массовой песни имеют довольно стабильную структуру уже на протяжении нескольких веков и относительно небольшое число основных характерных элементов. Различные комбинации элементов позволяют сочинять разнообразные по стилю, эмоциональной окраске мелодии, которые к тому же обладают важным для массовых песен качеством — общедоступностью музыкального языка (в отличие, скажем, от симфонической музыки). Это обстоятельство, как и проведенные эксперименты по восприятию машинных мелодий, дает основание полагать, что при моделировании песенных мелодий (разумеется, в рамках заданного жанра, музыкальной эпохи и определенных музыкально-стилистических черт) уже теперь машина может быть серьезным соперником композиторов-песенников, работающих в разных жанрах массовой песни. Многие композиторы — осознанно или неосознанно — это понимают, чем и вызван, по-видимому, их стихийный протест против машинной музыки.

Описанный метод может быть полезен и при анализе музыкальных сочинений, когда требуется восстановить механизм создания композиций некоторого типа. В этом случае прямой анализ данной музыки (что во многих случаях затруднительно) заменяется формальным анализом близкой к ней по типу синтезированной музыки (с имеющимися формальными характеристиками), что, как уже говорилось выше, и является целью моделирования.

Заимствование в музыке

В первых программах машинная мелодия синтезировалась из отдельных звуков по выявленным закономерностям [7]. Наибольшей трудностью было получение благозвучных мелодических оборотов, образующих мелодию. Дальнейшие исследования обнаружили путь преодоления этой трудности, по-видимому, типичной при моделировании разных видов творчества.

Стало ясно, что в процессе мышления человек оперирует понятиями (представлениями), т. е. более крупными блоками, чем простейшие элементы, обнаруживающиеся непосредственно при анализе. В музыкальном творчестве к таким представлениям относятся интонации (мелодические обороты, попевки), а простейшим элементом может быть звук или его компоненты — высота, длительность, а также интервал между соседними высотами.

Как уже говорилось, мелодия — наименее осознаваемый элемент композиции, и ее фрагменты как бы сразу возникают в сознании композитора. Анализ мелодий (прежде всего вокальных) показывает, что существенным этапом творчества является заимствование интонаций из ранее слышанных произведений — иногда довольно большой протяженности. Такое заимствование интонаций с последующей творческой обработкой, а то и просто цитирование — один из необходимых приемов не только музыкального, но и любого другого вида творчества, своего рода проявление всеобщего *принципа преемственности*.

Заимствование и творческая обработка (варьирование, или трансформация, сопровождающаяся вводом новых, маскирующих элементов) — это две так называемые глобальные, или универсальные, процедуры мышления, лежащие в основе творческой деятельности, не ориентированные на какую-либо конкретную деятельность, а присущие любой из них. Суть творческой обработки состоит в преобразовании описания заданной (заимствованной) ситуации с сохранением ее инварианта (фрейма-классификатора). Именно с помощью подобного преобразования удается создавать новые художественные произведения (или научные результаты) на основе уже созданных ранее произведений (научных работ). Трансформация эта происходит неосознанно, и человек не фиксирует на этой процедуре свое внимание, что и представляет основную трудность для ее обнаружения и формализации. Так возникают неосознанные подражания в поэзии и беллетристике, заимствования в музыке и живописи, переформулировки в научных результатах. Процедура варьирования тесно связана с тем, что мы обычно называем рассуждением по аналогии, ассоциативным мышлением, навязыванием некоторого ритма или

музыкальной темы [11]. Путем машинной имитации удалось вскрыть сущность заимствования и творческой обработки, формализовать эти процедуры и объяснить многие феномены, присущие творческой деятельности человека [1, 8, 12].

Для иллюстрации можно привести много конкретных примеров из разных областей человеческой деятельности (некоторые из них рассмотрены в [1]). И во всех случаях трансформация первоначальной ситуации происходит единообразно — сохраняется некоторый инвариант и вводятся маскирующие элементы.

Обратимся, например, к литературе. Весь художественный перевод служит примером приведенной выше схемы заимствования и варьирования. Переводчик стремится максимально сохранить оригинальную структуру, стиль и содержание переводимого сочинения, но он невольно привносит в перевод свой индивидуальный стиль мышления и выражения своих мыслей. Достаточно сравнить между собой несколько переводов разных авторов одного и того же произведения, чтобы ощутить различие — в [1], например, приводятся пять переводов стихотворения Г. Гейне «Двойник». С наибольшей наглядностью проявляется схема варьирования у талантливых пародистов: они четко вычленяют наиболее важные параметры и сохраняют их в своих пародиях, имитируя стиль и манеру пародируемого автора.

Однако творец — будь то композитор или поэт — не осознает глубинный механизм варьирования (как и заимствования). Машинное же варьирование позволяет шаг за шагом проследить весь путь преобразования, показывая его промежуточные этапы. Так, механизм преобразования темы в вариацию показан на примере трансформации мелодии русской народной песни «По Дону гуляет казак молодой» в мелодию «Молодежной» И. О. Дунаевского, выполненной машиной БЭСМ-6 [1].

Любопытна реакция слушателей на результаты работы этой программы. Стоило осознать, как сочиняются мелодии, подобные «Молодежной», и уже слышны реплики: «Ну, это вариации, неинтересно. Лучше послушаем оригинальные машинные мелодии». Но ведь до того, как был описан способ получения «Молодежной», она считалась и интересной, и оригинальной мелодией. Это наглядный пример того, как сдвигается грань между формально познанным и еще неосознанным, чистым творчеством.

В практике композиторов встречаются случаи заимствования целой мелодии. Но значительно чаще наблюдается заимствование ее фрагментов разной протяженности. Своеобразным хранилищем интонаций для такого заимствования являются мелодии народных песен. В этом смысле примечательно высказывание, приписываемое М. И. Глинке: «Создает музыку народ, а мы, художники, только ее аранжируем». Еще в глубокой древности, задолго до изобретения принятой теперь нотации, создавались основные элементы музыки — попевки, или интонации, которые переходили из поколения в поколение вместе с народными песнями, а затем уже стали использоваться и в профессиональной музыке. Вот как пишет об этом музыковед, специалист по старинной музыке В. Ражева в статье «Что мог петь Андрей Рублев» (Литературная газета. — 1985. 11 сентября. — С. 8):

«Если серьезно начать разбирать русскую классику, особенно Чайковского, современную музыку, то мы непременно найдем те же попевки, которые обозначались (много веков назад — *Р.З.*) крюками. Потому что эти интонации продиктованы природой человека, как звуки русской речи...»

Механизм заимствования интонаций из интонационной памяти показан в [8]. Заимствование осуществляется не путем цитирования конкретных интонаций, а посредством их варьирования — трансформации разных сторон мелодии: ритма, лада, регистра, интервальных отношений и т. п. Однако при этом сохраняется их полиинвариантная структура, которая является носителем образа сходных между собой при их восприятии на слух, но на самом деле разных интонаций. Можно сказать, что заимствуется не интонация, а ее образ, выражаемый определенной структурой. Это своеобразное проявление в

музыке всеобщего *принципа простоты*, служащее экономии выразительных средств, что, безусловно, является психологически значимым фактором.

Инвариантом — носителем образа разных интонаций, воспринимаемых на слух как сходные, является интервально-метрическая структура $SI^n = S^1I^1S^2I^2...S^{n-1}I^{n-1}$ n-нотной интонации, где I — интервал, определяемый числом ступеней между высотами соседних звуков ($I=0$ — прима, 1 — секунда, 2 — терция и т. д.), а S — двунотная стопа, вычисляемая по соответствующей процедуре и принимающая два значения: + или −. При S = + образуется хореическая стопа от сильной ноты к слабой, а при S = − ямбическая, от слабой ноты к сильной.

Проблема интонации — одна из основных в теоретическом музыковедении, и ее исследованию посвящено огромное число работ, которые преимущественно носят описательный характер. В работах же по количественному анализу мелодий (отечественных и зарубежных) рассматривается лишь одна — звуковысотная составляющая (интервал I) при $n=2$. И только с вводом формально-определенной интервально-метрической структуры удалось эффективно поставить и конструктивно решить ряд интересных задач, которые до сих пор традиционно считаются «невычислительными».

Так, впервые в музыкознании построен частотный словарь интонаций (ЧСИ), элементы которого — структуры SI^n_i — упорядочены по частоте $q_i (q_i \geq q_{i+1})$ встречаемости интонаций с этой структурой в некотором массиве мелодий. Сравнение ЧСИ, построенных для разных массивов мелодий (музыкальных культур разных народов), показало устойчивое преобладание бытующих — наиболее распространенных интонаций в этих разных массивах.

Частое употребление таких интонаций вызвано, по-видимому, природными, психофизиологическими особенностями человеческого восприятия, благодаря чему эти интонации воспринимаются и исполняются голосом более естественно (и следовательно, представляются более благозвучными), чем другие, которых композиторы невольно избегают. Отсюда следует, что предпочтение первых интонаций в творчестве композиторов имеет психологическую, неосознанную природу и не зависит от воли композитора. Иначе говоря, композиторы-песенники не могут не использовать бытующие интонации, если хотят сочинить благозвучную, доходчивую мелодию для массовой песни, и заимствование этих интонаций просто неизбежно. Психологическим же критерием благозвучной интонации стала степень ее распространенности, фиксируемая в ЧСИ частотой q, или ее положением в словаре, и другой объективный критерий неизвестен. Наиболее бытующие интонации расположены в верхней части ЧСИ, а редко встречающиеся — в нижней[1].

Существуют и такие теоретически возможные интонации, которых нет в ЧСИ, составленном на основе песенных мелодий. В нем может не быть даже той интонации, которая служит «визитной карточкой» весьма известного профессионального произведения. Так, начало «Застольной» из оперы Д. Верди «Травиата» безошибочно узнается по первым четырем или даже трем звукам, однако эта интонация ни разу не встретилась в мелодиях песен советских композиторов [13] среди 17 тысяч интонаций.

Таким образом выясняется причина безуспешности моих попыток найти формулу благозвучности в первых программах для сочинения мелодий, когда эти мелодии порождались из отдельных нот. Такой формулы в общепринятом смысле просто вообще может не быть, поскольку благозвучие интона-

---

[1] Заимствование в музыке — это проявление всеобщего принципа преемственности. Поэтому логично считать, что попевки, удобные (психофизиологичные) в наше время, были такими же и в глубокой древности, задолго до изобретения принятой теперь нотации (системы нотной записи). С учетом этого можно использовать частотный словарь интонаций (SI^n-структур), составленный на основе современных песенных мелодий, для расшифровки древних музыкальных записей, сделанных крюками, хазами и другими знаками средневековой нотации (без точного обозначения высоты звуков, как это принято сейчас). При сохранении инварианта — интервально-метрической структуры — в попевках естественно варьирование лада, ритма и регистра.

ции — понятие не математическое, а скорее социологическое.

Построение частотных словарей интонаций представляет определенный познавательный интерес, но не является самоцелью — более важны и привлекательны их практические приложения. Рассмотрим некоторые из них.

Поиск и распознавание сходных отрывков в мелодиях

Использование интервально-метрической структуры SI^n и частотного словаря интонаций позволяет решить такую традиционно-невычислительную задачу: обнаружить в заданном массиве мелодий фрагменты любой протяженности, воспринимаемые на слух как сходные между собой. Здесь важно то, что такой поиск и распознавание сходных интонаций осуществляются формальным (алгоритмическим) способом, а не традиционно — по памяти и слуху.

Это дает возможность решать вопрос либо о заимствовании (или цитировании) конкретного отрывка из какой-то одной мелодии, либо о простом использовании бытующих интонаций из разных мелодий — своего рода мелодических штампов. Заимствования ведь производятся не только из народных мелодий, но и из опубликованных мелодий песен современных композиторов, что нередко можно обнаружить даже в одном и том же сборнике песен [8]. Благодаря свойствам SI^n структуры, рассмотренной ранее, такой поиск возможен даже в случаях, когда интонации «замаскированы».

Так, с помощью ЭВМ в Институте математики СО АН СССР в Новосибирске [14] в 216 мелодиях (17 тысяч нот) сборника [13] были выявлены сходные мелодические отрывки длиной в n нот (n=6, 7, ... 14). Различных SI^n-структур оказалось 3045. Некоторые примеры для n=14, 11, 10 приведены на рис. 1. Получить столь впечатляющий результат без помощи машины — только по памяти и слуху — практически невозможно: ведь обнаружены не тождественные отрывки мелодий (не цитаты), а лишь сходные по звучанию. Это дает возможность решать интереснейшие музыковедческие проблемы, связанные с заимствованием музыкальных фрагментов из других сочинений.

Так, описанный здесь способ эффективного поиска может оказаться практически полезным в работе музыковеда в диалоге с ЭВМ как своего рода «подсказка», сужающая круг мелодий, подлежащих исследованию. Допустим, машина определила, что первые семь нот романса Г. В. Свиридова «Подъезжая под Ижоры» — это начало «Марсельезы» Руже де Лиля. Возможно, это простое совпадение или неосознанное использование бытующей интонации. Но, анализируя эти мелодии уже без машины, видим одну и ту же ритмическую фигуру во втором такте первой мелодии и в третьем такте второй. Теперь уже крепнет уверенность, что одна из этих мелодий написана не без влияния другой.

Моделирование мелодий с использованием частотного словаря интонаций

Такой принцип построения мелодий существенно отличается от реализованных до сих пор в работах разных авторов. В этих работах (см. обзор в [7]) мелодии синтезировались из отдельных звуков по закономерностям, выявленным при анализе. Описываемый здесь способ основан на заимствовании интонаций из ЧСИ, как своеобразного аналога интонационной памяти композитора: и никакой отсебятины — «создает музыку народ». Таким образом, проблема получения благозвучных сочетаний звуков решается автоматически, поскольку мелодия синтезируется из интонаций, естественных для человеческого слуха. Однако остается другая важная и трудная проблема выбора и соединения интонаций в мелодии.

Дело в том, что композитор при сочинении мелодии использует заимствованные интонации не всегда точно. Машинная имитация этого процесса также приводит к «переплавке» исходных интонаций. Наиболее существенным здесь является способ *сцепления* интонаций. Для мышления композитора при сочинении мелодии, а также для восприятия ее слушателем естественным

представляется предугадывание знакомых оборотов (известная всем «радость узнавания» при прослушивании музыки) и, как следствие, такое их соединение, когда две интонации сцепляются не «встык», а как бы вытекая одна из другой. При этом первые m элементов (нот) второй интонации совпадают с последними m элементами первой интонации. Процесс сцепления интонации по этой схеме вложенных интонаций одинаковой протяженности хорошо описывается *марковской цепью* SI-элементов.

Отметим здесь, что таким способом строится не вся мелодия (поскольку традиционная мелодия не является марковской цепью ее элементов [1]), а лишь ее однотактовые основные мелодические фигуры. Эти фигуры включаются в мелодию в соответствии с мелодическими структурами, часть совокупности которых в музыковедении называется масштабно-тематической структурой [15], предусматривающей повторность, расчленение и сцепление между собой отдельных построений мелодии. Здесь же дается более детальное и формализованное, чем принято в теории музыки, определение этой структуры.

Заметим кстати, что аппарат марковских процессов, важным частным случаем которых является марковская цепь, широко используется при точном анализе многих (порой неожиданных) явлений действительности. Так, размышляя о марковских процессах в музыке, я вспомнил бытующее мнение специалистов: мы поймем природу человека, если разгадаем механизм сновидений. В связи с этим приведем наблюдение Ю. В. Трифонова (Недолгое пребывание в камере пыток // Знамя. — 1986. — № 12. — С. 122) о весьма типичном явлении. «Бывают такие сновидения: все нелепое, что происходит во время сна, кажется невероятно логичным и само собой разумеющимся, но, когда проснешься, не можешь, хоть убей, догадаться: почему же эта абракадабра представлялась тебе такой понятной?»

Не останавливаясь на несущественных деталях и не претендуя на полное решение проблемы, можно считать несомненным следующее: картина сновидения складывается из отдельных сюжетов (кадров, шагов и т. п.), связанных друг с другом как звенья в цепи Маркова, и обладают ее характерными свойствами. Короче говоря, модель сновидений, их структура описываются марковской цепью.

Благодаря такой интерпретации становится ясной причина нереальности, фантастичности, хаотичности и даже противоречивости сновидений. Ведь каждый кадр в цепи порядка n взаимосвязан лишь с соседними кадрами, отстоящими от него не более чем на n шагов (сюжетов). А что делается ранее, он не знает — это одно из основных свойств цепи Маркова. Образно говоря, марковская цепь не помнит своей истории. Сопоставление сюжетов, отстоящих один от другого более чем на n шагов, и представляется поэтому нелогичным, нереальным, бессвязным, хотя появление промежуточных сюжетов, которые редко вспоминаются, вполне логично, реально — ведь в памяти («когда проснешься») обычно остаются лишь наиболее яркие сюжеты сновидений. (Практика показывает, однако, что порядок n в такой цепи не обязательно должен быть постоянным. Это аналогично тому, как складывается мелодия из интонаций разной длины — разного числа нот.)

Читатель, вспомнив какой-нибудь свой сон (по возможности с наибольшим числом деталей), может, разложив его на отдельные последовательные сюжеты, аккуратно сложить их в виде марковской цепи, подтвердив лишний раз изложенную здесь «теорию сновидений».

Моделирование методом «погружения»

Способ порождения мелодии из интонаций, основанный на психологическом критерии отбора их по степени благозвучности (или красоты), отражает процесс сочинения мелодии человеком, позволяя осознать его особенности и выявить механизм заимствования интонаций в творчестве композитора. Такая модель является адаптирующейся системой, имитирующей стиль мелодий,

которые используются при составлении частотного словаря интонаций. В большей мере это проявляется при имитации метода «погружения», описанного ранее. Посмотрим теперь, как она осуществляется в модели.

Подобно композитору, алгоритм порождения мелодий, «погружаясь» в соответствующее множество мелодий, может передать композиции его интонационную окраску. Результатом будет новая композиция, насыщенная интонациями из этих мелодий, подобная им по стилю, даже если они и будут различны по другим параметрам. Для этого в ЧСИ нужно пометить интонации из интересующего нас множества (который может состоять из нескольких и даже одной мелодии), что делается автоматически после его ввода в ЭВМ. При выборе интонаций из ЧСИ описанным выше способом *меченые интонации* имеют приоритет. Если же ни одна из них не удовлетворяет условиям «фильтра», то из ЧСИ выбираются остальные (не меченые) интонации.

Аналогично машина может из некоторого словарного запаса выбирать слова с определенными аллитерациями (или ассонансами) для обеспечения звуковых эффектов, как, например, в стихотворении А. Н. Майкова «Октава»: «Прислушайся душой к шептанью тростников». В таком поиске слов с заданными признаками машина может оказаться незаменимым помощником поэта.

Описанные выше принципы порождения мелодий положены в основу программы «Композитор» для машины БЭСМ-6 ВЦ АН СССР. Для наглядности взаимосвязь различных ее узлов представлена на рис. 2 в виде схемы экспертной системы, ставшей канонической для систем искусственного интеллекта.

Для иллюстрации на рис. 3 и 4 приведены нотные примеры мелодий, полученных по программе «Композитор», а на рис. 5 — песенная мелодия на заранее заданные стихи. При прослушивании этих машинных мелодий не всегда определенно можно назвать те исходные композиции, из которых заимствованы интонации, — они используются в «замаскированном» виде, с изменением своих параметров. Кроме того, они бытуют в разных мелодиях.

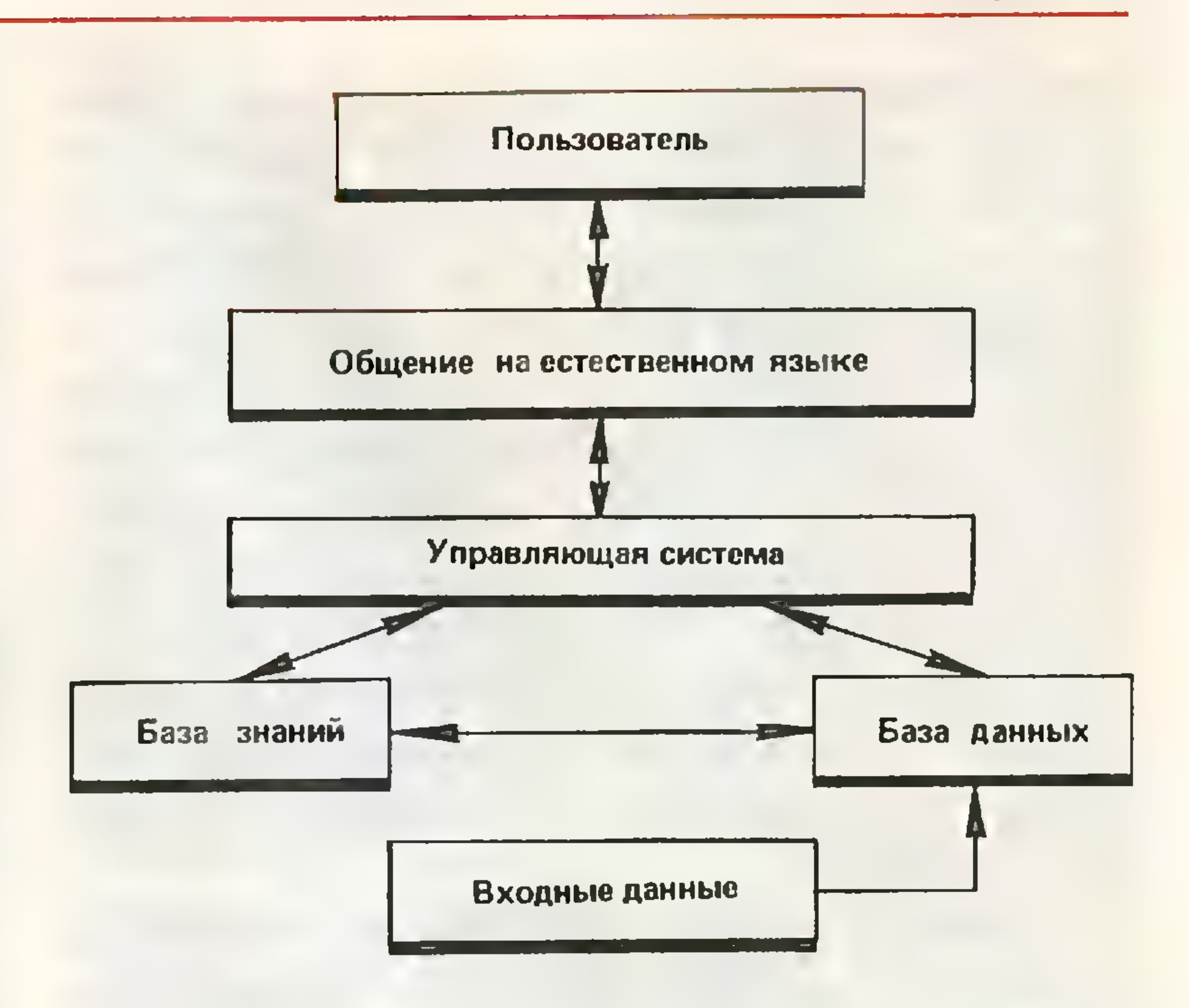


Рис. 2. Взаимосвязь различных узлов программы «Композитор», представленной для наглядности в виде схемы экспертной системы. Входные данные — массив мелодий, вводимый в ЭВМ для анализа. База данных — алфавит (нотные знаки) и данные анализа мелодий (частотный словарь интонаций). База знаний — множество запрограммированных правил, перечнем которых является набор параметров (диапазон мелодии, тактовый размер, распределение частот интервалов в мелодии и т. п.). Управляющая система (интерпретатор правил) формирует типовую структуру (фрейм) М в соответствии с задаваемыми значениями параметров. В ней же происходит выбор элементов из базы данных и синтез мелодии. При взаимодействии правил, противоречащих в данном контексте, во избежание «зацикливания» система правил меняется автоматически. В блоке общения на естественном языке производится представление (распечатка) машинных результатов: мелодии с указанием ее параметров и комментариев (системы объяснений). Пользователь формирует тот или иной фрейм и выбирает режим работы программы.

Однако в мелодиях на рис. 4, полученных методом «погружения» программы в отрывки мелодий «Позабыт, позаброшен», «Песни о тревожной молодости» А. Н. Пахмутовой и «Интернационала» П. Дегейтера (только мелодия 8), заимствованные интонации можно указать — ими насыщены некоторые из этих машинных мелодий. Так, прямой скобкой сверху (в мелодиях 4 и 7) отмечены интонации первой и снизу (в мелодиях 4, 6 и 7) — интонации второй из заданных мелодий; видно, как в мелодии 7 они переплетаются между собой.

В приведенных на рис. 3 и 4 мелодиях

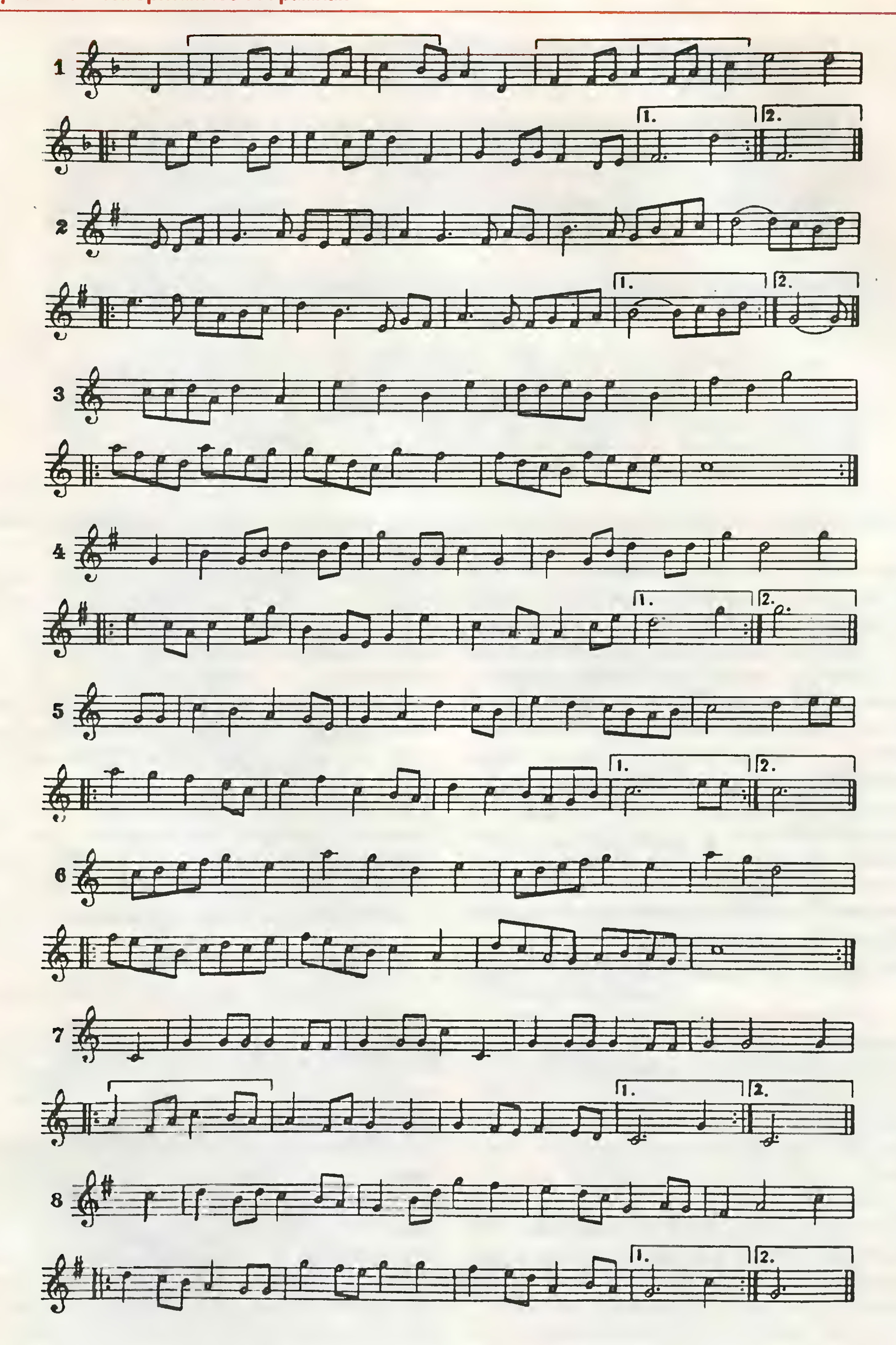


Рис. 3. Мелодии, порожденные машиной БЭСМ-6 Вычислительного центра АН СССР путем заимствования интонаций из массовых песен

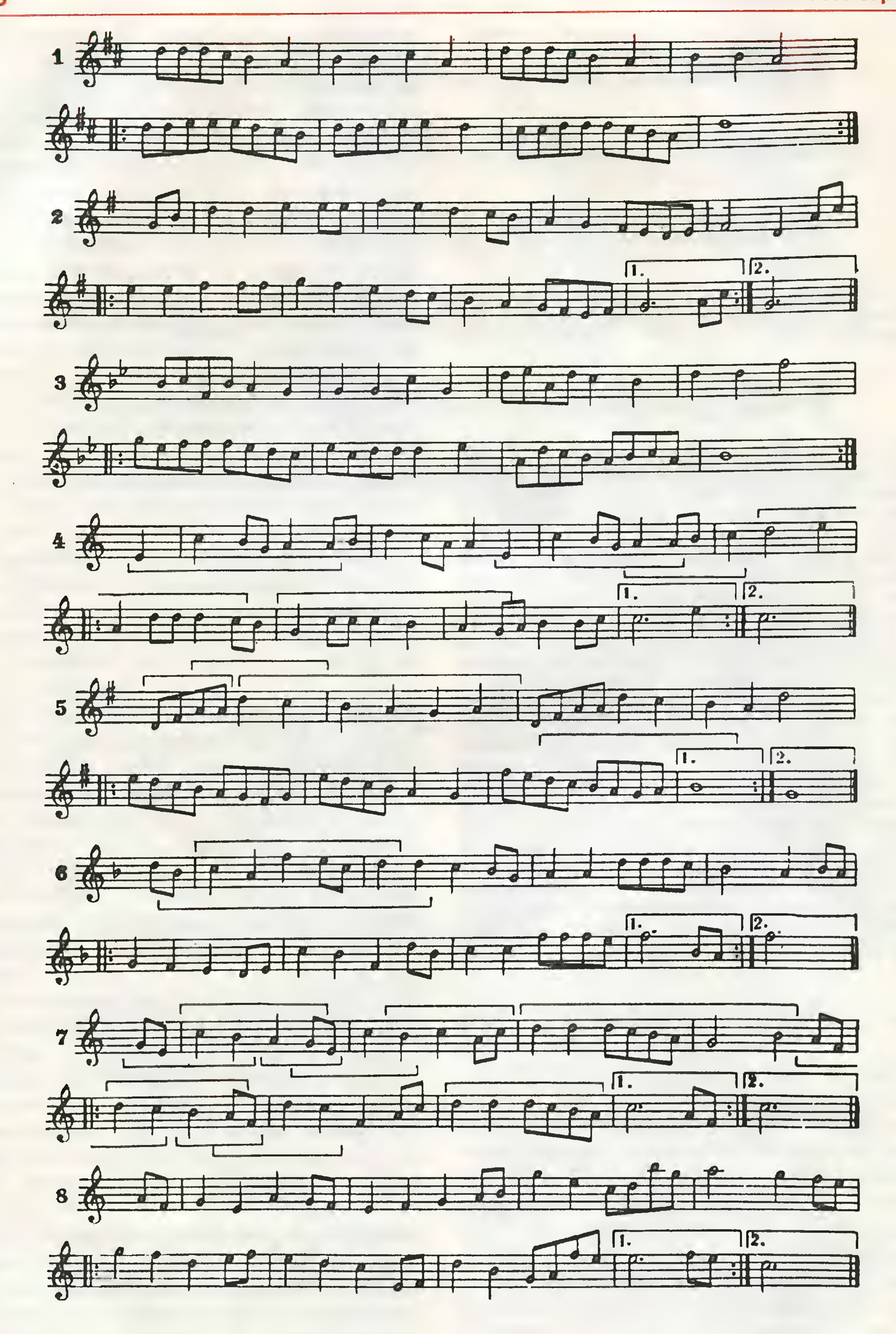


Рис. 4. Мелодии, полученные машиной БЭСМ-6 методом «погружения» в заданные композиции

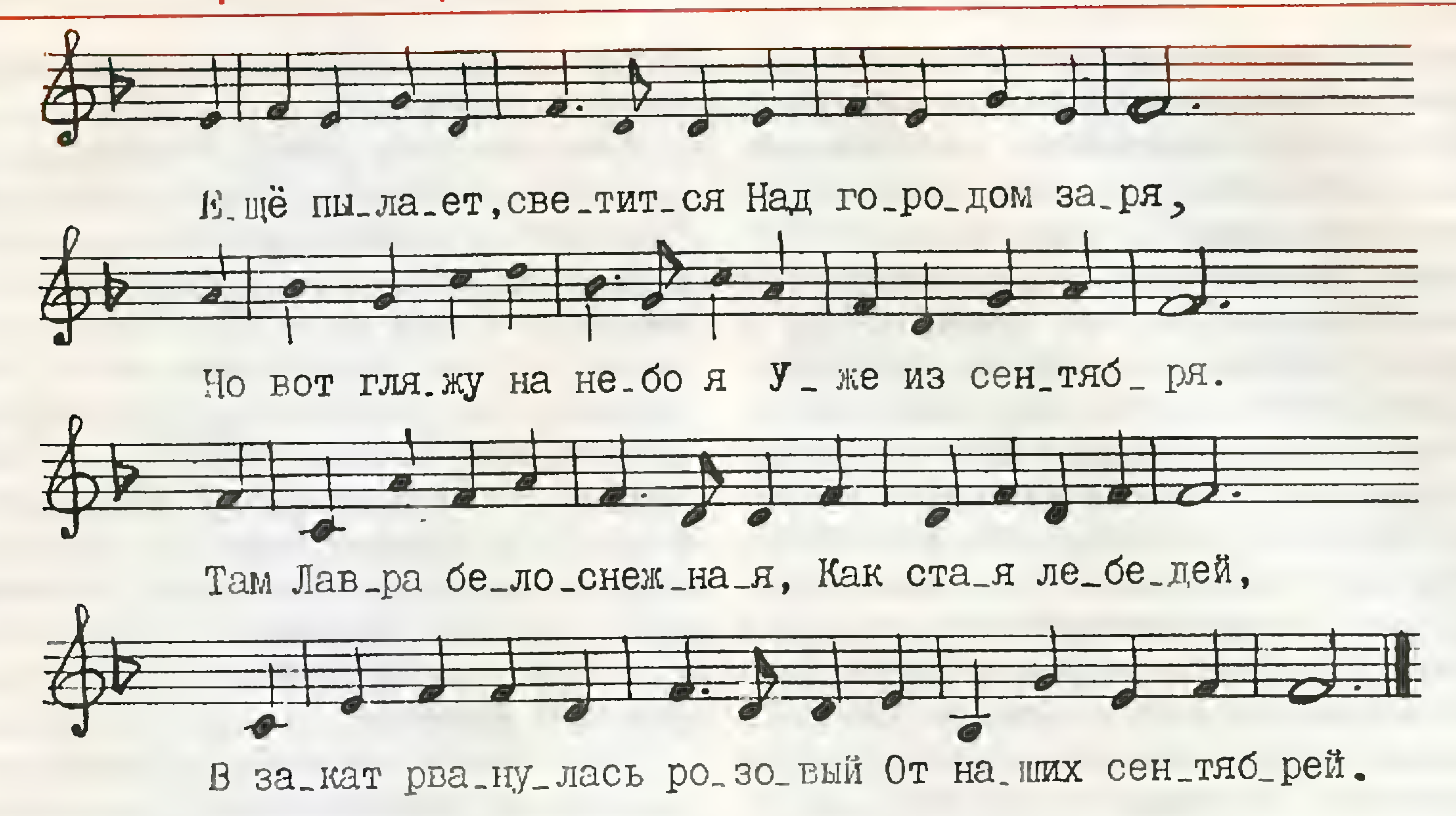


Рис. 5. Песенные мелодии, сочиненные машиной БЭСМ-6 на стихи поэтессы Нади Аверкиной

ясно слышатся и «незапланированные» песни (отмечено прямой скобкой сверху: «Гимн международного союза студентов» В. И. Мурадели (в мелодии 1 на рис. 3), «Славное море — священный Байкал» (в мелодии 7 на рис. 3), замаскировавшаяся в «Песне» Пахмутовой «Калинушка» (в мелодии 6 на рис. 4) и др.

Длина заимствованных интонаций при этом превышает порядок марковского синтеза ($n = 3$) и становится переменной, подобно тому, что наблюдается и в творчестве композиторов.

Диалоговый режим в музыке

Высший уровень познания объекта исследования, его глубинных закономерностей — это возможность такого его моделирования, при котором выявляется адекватность объекта и интерпретирующей его модели. Однако в силу недостаточной изученности объекта не все его закономерности удается в требуемой мере осознать и формализовать. В практической деятельности человек при решении сложных задач использует интуицию — невскрытую закономерность мышления, имеющую в области принятия решений существенное значение, но механизм которой не всегда удается обнаружить. Хотя интуитивно мы чувствуем, что такая вещь, как интуиция, существует. Этот недостаток в какой-то мере позволяет преодолеть работа с ЭВМ в диалоговом (вопросно-ответном) режиме. В этой системе с обратной связью гибкость и нестандартность мышления человека дополняются практически неограниченной памятью и вычислительно-логическими возможностями машины, непредсказуемыми в настоящее время. Работа с такой системой может помочь, к примеру, музыковеду в его исследованиях — ускорить поиск интересующих его данных (включая и данные невычислительного характера) и в то же время избавив его от трудоемких и неспецифических, чужеродных для него вычислительных операций.

Для повышения эффективности труда (творческого, исследовательского или при обучении) разработаны так называемые экспертные вычислительные системы, которые позволяют использовать знания, выработанные разными специалистами и введенные в память ЭВМ — в ее банк знаний. Важно, что эти системы предназначены для общения с пользователем в диалоговом режиме на естественном для него языке.

При построении экспертной системы возникает важная проблема обнаружения и устранения противоречий в ее базе знаний. В вышеописанной программе «Композитор» эта проблема была исследована, и ее решение практически внедрено в программу [12].

В общих чертах покажем, как это сде-

лано. Распространен способ, заключающийся в том, что противоречия устраняются путем логических конструкций, предусматривающих все возможные случаи заранее. Однако при большом числе параметров и сложных их взаимоотношениях, что имеет место в нашей программе, весьма затруднительно учесть и заранее перечислить все возможные ситуации и контексты, в которых могут возникнуть противоречия. Кроме того, в систему постоянно вводятся новые правила — параметры, заранее не предусмотренные, что еще более усложняет проблему. Эффективный способ состоит в следующем. Поскольку противоречие в работающей программе приводит к ее зацикливанию, все циклы с неопределенным (не заданным) числом повторов последовательности операторов необходимо считать. С этой целью для каждого цикла вводится счетчик с заданной верхней границей числа *K* повторов последовательности операторов. По истечении *K* повторов происходит принудительный (аварийный) выход из цикла в определенное место программы. Здесь важно выбрать оптимальное значение *K* для каждого цикла: при малом *K* не все возможные значения параметра (и соответствующие нотные контексты) просматриваются и, следовательно, не вся информация будет исчерпана, а при слишком большом *K* в случае зацикливания происходит излишняя потеря машинного времени.

Заметим, что такой способ устранения противоречий в базе знаний был применен автором еще при разработке одной из первых программ сочинения мелодий и описан в [16]. При этом каждый случай обнаруженного и устраненного противоречия сопровождается печатанием соответствующих комментариев, что входит в подсистему объяснений программы, являясь обязательной принадлежностью любой экспертной системы. Разработанная тактика приводит к существенной экономии машинного времени.

Уже теперь машина становится помощником композитора или музыковеда для выполнения рутинной части его работы. Так, для овеществления воображаемого композитором образа мелодии необходим выбор из памяти конкретных музыкальных средств, которых, кстати сказать, может оказаться недостаточно для воплощения творческого замысла. Подобное происходит и в деятельности поэта, и научного работника, и изобретателя. В этом случае может быть полезной ЭВМ с ее непредсказуемыми в настоящее время вычислительно-логическими способностями выполнять такие операции, которые до недавнего времени считались выполнимыми только человеком, вооруженным интуицией. Кроме того, человек может



извлекать необходимую ему информацию и в нужном виде не из своей крайне ненадежной памяти, а из практически неограниченной памяти ЭВМ, оснащенной достаточными банками данных — элементов объекта в предметной области.

Ввод и вывод

Для формирования банка музыкальных данных требуется ввод в память ЭВМ большого числа нотных знаков, кодирующих музыкальные произведения. Чтобы иметь представление о реальном объеме такой работы, приведем некоторые расчеты.

В мелодиях сборника [13], состоящего из 216 избранных песен советских композиторов, содержится 17 121 нота. В партитуре Седьмой (Ленинградской) симфонии Д. Д. Шостаковича содержится 112 367 нот. Можно предполагать, что количество нот в публикациях всех его сочинений заключено в промежутке от 10 до 100 миллионов. Для сравнения: 100 миллионов секунд составляют 3,1 года.

К настоящему времени разработаны способы кодирования нотных партитур. Однако серьезным препятствием для ввода нотных массивов больших объемов является отсутствие реально действующей системы оптического считывания общепринятой музыкальной нотации, а также автоматического преобразования печатного нотного текста в информацию на магнитных лентах (или иных носителях), пригодную для ввода в ЭВМ. Ручной ввод нотных знаков в виде их кодов — непроизводительное занятие, не гарантирующее от ошибок, что требует их повторного ввода или контрольного считывания. И первое, что приходит в голову (удивительно, что даже некоторым музыкантам-теоретикам!), это облегчить ввод нотного текста путем проигрывания его на клавишном инструменте, подключенном к входному устройству ЭВМ. Однако при этом возникает трудность принципиального характера, связанная с явлением энгармонизма звуков: звуки, имеющие одну и ту же высоту, могут иметь разные названия и ступени лада (например, до-диез — ре-бемоль и др.). А способ ввода нажатием клавиши фиксирует лишь абсолютную высоту звука, кроме того, теряется информация о метрических акцентах.

Составление программ для вывода из памяти ЭВМ музыкальной информации в виде, удобном для непосредственного использования, не представляет принципиальных или технических трудностей. Результат может быть получен в таком виде:

а) обычной нотной записи на экране дисплея или на бумаге. «Нарисованные» таким образом ноты можно сразу же проиграть на любом музыкальном инструменте или пропеть голосом;

б) посредством цифрозвукового преобразователя нотный текст из памяти ЭВМ может быть автоматически выведен в звуковом виде через громкоговоритель или записан на магнитофонную ленту для последующего звуковоспроизведения;

в) таблиц, графиков и пояснительных текстов, содержащих результаты машинной обработки нотного материала, которые могут также иллюстрироваться нотными примерами в обычной нотации.

Машина способна выполнять многие виды трудоемкой технической работы, связанной с перепиской нот, редактированием нотных партитур, транспонированием партитур в другие тональности, — разумеется, без многочисленных ошибок, неизбежных при ручном исполнении работы.

Перспективы и прогнозы

Использование ЭВМ и методов искусственного интеллекта в музыке и других видах художественного творчества — новая растущая область исследований и реализации их в музыкальной практике как композиторов, так и музыковедов, а также в обучении музыкантов и в музыкальной полиграфии. Кроме того, как уже говорилось выше, такие исследования способствуют разработке новых методов искусственного интеллекта, выявляя глубинные закономерности мышления и творчества. В настоящее время в этой области нерешенных задач и проблем значительно больше, чем решенных.

К сожалению, наши музыковеды-теоретики (да и психологи тоже) по укоренившейся традиции избегают участия в подобных «формалистических» исследованиях и, как правило, в силу отсутствия необходимых знаний не способны даже поставить конкретные задачи, реально разрешимые с помощью ЭВМ. Этим же объясняется и то, что даже разработанные и работающие системы не внедряются в практику, в частности, в музыкальное обучение. До сих пор сказывается также и отрицательное, перестраховочное отношение к этой проблеме многих наших философов, борющихся с «идеологической диверсией» и слишком заботящихся об идеологической и методологической «чистоте» исследований. Поэтому затруднительно делать какие-либо прогнозы о развитии этого комплекса исследований, которое пока держится на энтузиастах.

Рассмотрим, однако, несколько примеров (дополнительно к тем, которые уже приводились), показывающих, какую практическую помощь могут оказать методы информатики и искусственного интеллекта в различных видах художественного творчества уже теперь, на основе работающих программ.

Как уже говорилось выше, перспективно использование в музыке экспертных систем. Особенно привлекательно наличие в них подсистемы объяснений, позволяющей пользователю получать разъяснение, как и на основе каких данных получено решение или заключение экспертной системы. Прототипом такой системы в музыке может служить разработанная Э. Г. Гаспарян на материале армянской народной песни аналитико-информационно-поисковая система народной песни для хранения, поиска и автоматической обработки данных с помощью ЭВМ [17].

Пример из области педагогики. В 1965 г. была разработана программа для машины «Урал-2», выполняющая функции экзаменатора [7]. Студентам музыкальных училищ и консерваторий приходится решать задачи по курсу гармонизации, в которых они, естественно, допускают ошибки. Если же такие решения задач ввести в машину, то она найдет там все ошибки, может предложить правильный вариант голосоведения и в заключение — по совокупности ошибок — выставить оценку за работу студента. При обнаружении ошибки печатаются примечания. Это напоминает действия преподавателя, оценивающего работу студента-заочника, а также действия экспертной системы с подсистемой объяснения. Такая программа-экзаменатор служит прототипом обучающей системы в процессе обучения. Однако в то время (1965 г.) не было средств вывода и ввода, естественных и привычных для музыкантов, — гармонизация вводилась в ЭВМ и выводилась из нее не в виде нот, а в виде кодов — чисел. В настоящее же время в связи с распространением музыкальных компьютеров (у нас — японской фирмы музыкальных инструментов «Ямаха») композиция вводится с фортепианной клавиатуры при ее обычном проигрывании, а после анализа она появляется на экране дисплея в нотном виде и может быть напечатана на бумаге в общепринятой нотации. Сама же программа-экзаменатор (точнее, ее алгоритм) остается прежней[1]. Она может оказать помощь студенту как в процессе обучения, так и при самообучении.

В книге [1] описан алгоритм для выплетания кружев определенной (так называемой строчной) структуры, наиболее часто встречающихся в практике. При разработке новых рисунков для плетения кружев художник нередко сталкивается с такой проблемой: орнамент, расположенный по горизонтали, требуется преобразовать в круговое кольцо — вдоль окружности. Но орнаменты рисуются вручную. И здесь возникают огромные трудности в работе художника, связанные с неравномерным преобразованием орнамента, поскольку (при переходе вертикальных линий исходного орнамента в радиаль-

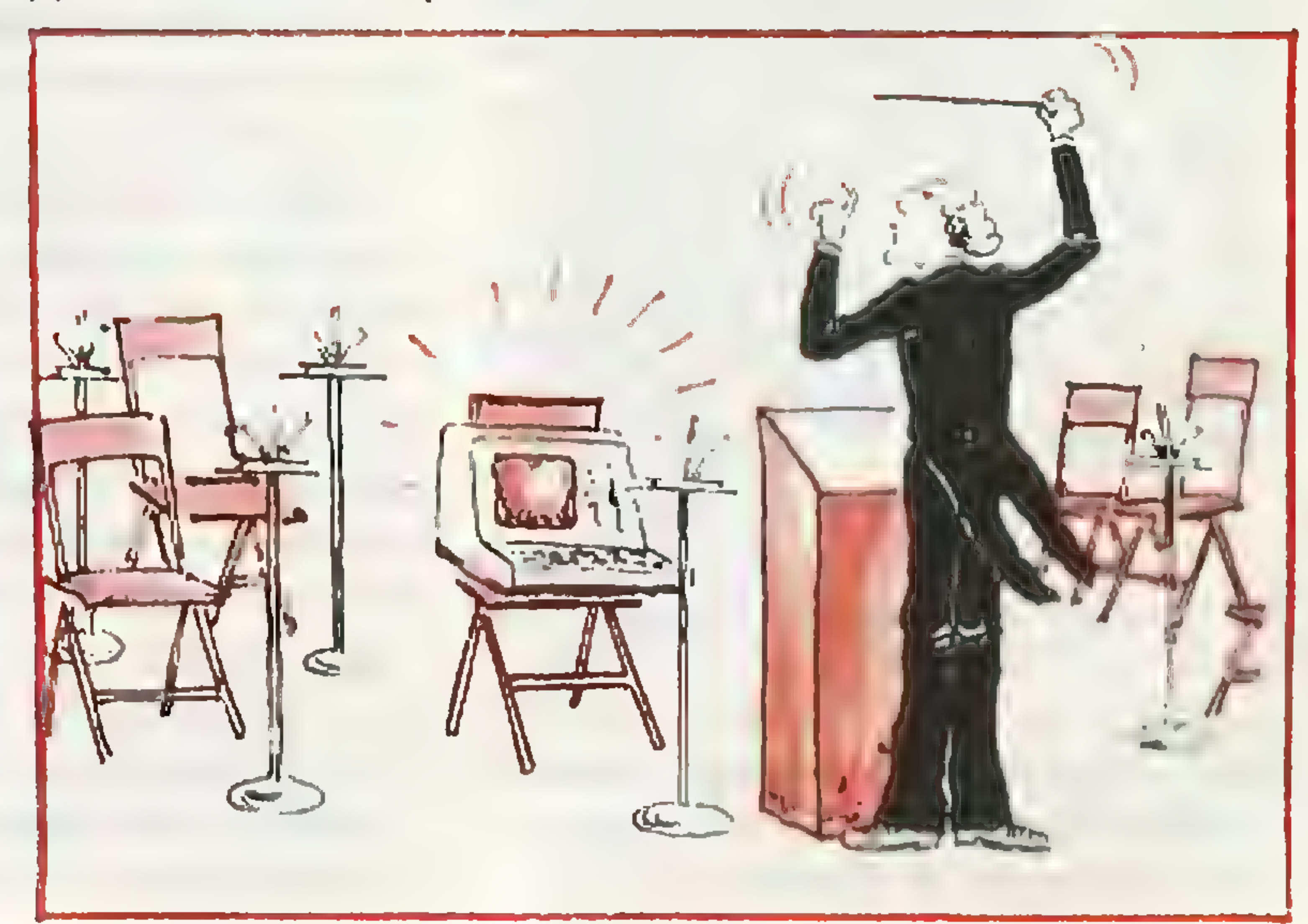
[1] Программа эта довольно сложная, даже чтобы в ней просто разобраться: достаточно сказать, что не один раз ее пытались безуспешно «усовершенствовать» как у нас, так и за рубежом. В настоящее время эту программу-экзаменатор планируется перенести на современную вычислительную технику для ее внедрения в учебный процесс в Новосибирской консерватории на кафедре компьютеризации музыкального образования.

ные линии кольца) равные горизонтальные линии переходят в дуги окружностей разных радиусов, т. е. разных длин. А ведь в этом кропотливом (и отнюдь не творческом) деле неоценимую помощь могут оказать ЭВМ, снабженные графопостроителями (устройствами для печатания машинных результатов в виде рисунков и графиков), которые легко осуществляют такие операции по соответствующим уже действующим программам (см., например [18]). К сожалению, кружевницы-художники не знают о таких практических возможностях машин, да, видно, и знать не хотят.

Чрезвычайно привлекательной является проблема машинного моделирования (имитации) музыкального исполнительства для выявления и объективного исследования как общих закономерностей, которые музыкант, играя «с душой», применяет неосознанно, так и закономерностей, специфических для того или другого музыканта. Отражая манеру исполнения музыканта, эти закономерности существуют объективно. Трудно, например, спутать исключительно своеобразную манеру исполнения Даниила Шафрана с манерой игры другого виолончелиста. Однако зачастую задача эта понимается слишком упрощенно, и вопреки распространяемым нередко в широкой прессе сообщениям о фантастических способностях машин и роботов (см., например, об этом в [2]) все работы этого направления до сих пор находятся на уровне лишь механического воспроизведения нотной записи (в основном указаний о высоте и длительности звуков), к которому, разумеется, не сводится музыкальное исполнение. Хочется надеяться, что с распространением музыкальных компьютеров эти исследования будут развиваться.

Литература

1. Зарипов Р. Х. Машинный поиск вариантов при моделировании творческого процесса. — М.: Наука, 1983.
2. Зарипов Р. Х. Вариации на тему «Уральских напевов»// Природа. — № 7, 8, 9. — 1984.
3. Кондратов А. М. Электронный разум. Очерк исследований по проблеме искусственного интеллекта. — М.: Знание, 1987.
4. Переверзев-Орлов В. С. Модели и методы автоматического чтения. — М.: Наука, 1976.
5. Касслер М. МИР — простой язык программирования для поиска музыкальной информации/ А. Моль, В. Фукс, М. Касслер. Искусство и ЭВМ. — М.: Мир, 1975.
6. Зарипов Р. Х. Диалоговый режим в музыке на основе интервально-метрической структуры интонации// Известия АН СССР. Техническая кибернетика, 1985, № 5.
7. Зарипов Р. Х. Кибернетика и музыка. — М.: Наука, 1971.
8. Зарипов Р. Х. Построение частотных словарей музыкальных интонаций для анализа и моделирования мелодий// Проблемы кибернетики. — Вып. 41. — М.: Наука, 1984.
9. Детловс В. К., Клотиньш А. Э. Статистические исследования ладотональной функциональности в латышских народных песнях// Известия АН ЛатвССР, 1985, № 10.
10. Поспелов Д. А. Вычислительные машины становятся интеллектуальными// Природа. — 1985. — № 4.
11. Поспелов Д. А. Предисловие / Р. Х. Зарипов. Машинный поиск вариантов при моделировании творческого процесса. — М.: Наука, 1983.
12. Зарипов Р. Х. Продукционная система в музыке // Известия АН СССР. Техническая кибернетика, 1987, № 2.
13. Русские песни. Песни советских композиторов. — Вып. 3. — Л.: Музгиз, 1955.
14. Бахмутова И. В., Гусев В. Д., Зарипов Р. Х., Титкова Т. Н. Выявление и анализ сходных фрагментов в музыкальных произведениях/ Вычислительные системы. — Вып. 113. — Новосибирск, 1985.
15. Мазель Л. А., Цуккерман В. А. Анализ музыкальных произведений. — М.: Музыка, 1967.
16. Зарипов Р. Х. О моделировании мелодий заданного стиля на ЦВМ// Проблемы кибернетики. — Вып. 15. — М.: Наука, 1965.
17. Гаспарян Э. Г. Аналитико-информационно-поисковая система обработки народной песни. Автореферат дисс. — Ереван, 1981.
18. Кобелев В. В. Машинная графика для системы БЭСМ-алгол. — М.: Наука, 1978.
19. Гаазе-Рапопорт М. Г., Поспелов Д. А., Семенова Е. Т. Порождение структур волшебных сказок. — М.: Научный совет по кибернетике АН СССР, 1980.
20. Кондратов А. М. Программа «скальд» — опыт моделирования поэтического творчества для ЭВМ //Кибернетика. — 1984. — № 5.

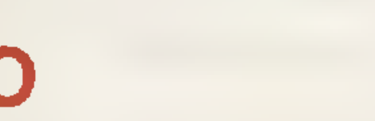




Сейчас уже очевидно, что рождение новых искусств — закономерный, объективный процесс общественного развития. Их возникновение связано как с изменениями, происходящими в развивающемся предмете искусства, т. е. в самой действительности, так и в субъекте, создающем и воспринимающем искусство. Также очевидно, что технизация художественной культуры — отнюдь не синоним ее дегуманизации, если данный процесс сочетается с прогрессивными общественными отношениями и способствует при этом преобразованию мира по законам красоты. О судьбе новых искусств в эпоху НТР.

Б. М. ГАЛЕЕВ

ВОЗМОЖНО ЛИ МАШИННОЕ ТВОРЧЕСТВО



(на примере анализа светомузыки)

О судьбе новых искусств в эпоху НТР

В конце XIX века вся просвещенная Европа зачитывалась книгой Макса Нордау «Вырождение». Написанная с точки зрения торжествующего «common sense»[1], она с позиций психиатрии оценивала состояние современной автору культуры. «Дегенерация», «преступление» — эти слова относятся к тем именам, которые сейчас прочно вошли в хрестоматии. Объектами критики стали Бодлер и Толстой, Верлен и Ибсен. Среди признаков вырождения Нордау упоминает и идею «Gesamtkunstwerk»[2] Вагнера, и непонятные для него конкретные эксперименты с неким «театром теней», в котором действие световых проекций сочетается с поэтическим словом и музыкой. Связывая их с явлением «цветного слуха», который им оценивается как атавизм восприятия, Нордау вволю издевается над идеями синтеза искусств и утверждает, что сложившаяся система искусств совершенна и закончена и что в возникновении новых искусств человечество никакой потребности не испытывало и не должно испытывать...

А буквально через несколько лет после выхода в свет книги Нордау застрекотали первые аппараты Люмьеров. Началось триумфальное — через «обреченность на эксперимент» — шествие нового искусства, имя которому — кинематограф. «В человеческой истории, — писал К. Маркс в одном из писем Ф. Энгельсу, — происходит то же, что в палеонтологии. Даже самые выдающиеся умы принципиально, вследствие какой-то слепоты суждения, не замечают вещей, находящихся у них под самым носом. А потом наступает время, когда начинают удивляться тому, что всюду обнаруживаются следы тех самых явлений, которых раньше не замечали» [1]. История искусства, как оказалось, — не исключение из этих правил. И Нордау не был единственным, кто просмотрел, что происходит у него «под носом»...

Сейчас уже очевидно, что рождение новых искусств — закономерный, объективный процесс общественного развития. Их возникновение связано как с изменениями, происходящими в развивающемся предмете искусства, т. е. в самой действительности, так и в субъекте, создающем и воспринимающем искусство (и чье эстетическое сознание растет в соответствии с новыми требованиями, предъявляемыми общественной практикой) [2]. Для кинематографа, например, вместе с тем следует особо указать на то, что воплощение эстетической потребности в действительность связано

---

[1] «Здравый смысл» — англ.

[2] «Искусство будущего» — нем. (термин Р. Вагнера).

не только с привлечением определенного нового инструментария, но и с возможностью той концентрации экономических и технических ресурсов, которую может обеспечить лишь современное общество. Все эти факторы действуют не изолированно друг от друга, но наоборот — в теснейшем диалектическом взаимодействии, что и определяло «трудности роста» кинематографа, а вслед за ним и ряда других видов и жанров искусства, требующих для своего существования целой «индустрии» (телевидение, сценография, театрализованные представления «Звук и Свет», «латерна магика» и т. п.).

На сегодняшний день даже самые ортодоксальные последователи Нордау уже не могут отрицать тот факт, что научно-технический прогресс способствует рождению новых форм художественного отражения действительности.

Сейчас очевидно, что технизация художественной культуры — отнюдь не синоним ее дегуманизации, если данный процесс сочетается с прогрессивными общественными отношениями и способствует при этом преобразованию мира «по законам красоты» (выражение К. Маркса). Наиболее явно выразилась истинность и важность этих методологических позиций в период кибернетического «бума» (на рубеже 50—60-х годов) при выдвижении идеи так называемого машинного творчества. Именно тогда и в таком аспекте — как возможность освоения машиной искусства, т. е. со стороны техники, — была заявлена впервые проблема компьютеризации искусства, хотя общество не испытывало в том насущной потребности. Не удивительно, что итоги тогдашних горячих дискуссий, как и итоги самой практики кибернетического искусства (машинная музыка, поэзия), оказались более плодотворными для самой кибернетики, нежели для эстетики и искусства. Художественная реальность не претерпела какого-либо обогащения продуктами «машинного творчества» (что, судя по всему, вообще остается проблематичным при признании незыблемости функций искусства как формы общественного сознания, как социального феномена). Результаты здесь если и проявились, то лишь при восстановлении вековечного характера в отношениях между художником и техникой — человек, искусство осваивают технику, а не наоборот. (Речь идет в данном случае об использовании ЭВМ как инструментального подспорья для освобождения от рутинных моментов художественного ремесла — расфазовка мультипликационного изображения в кино, моделирование тембров в музыкальных синтезаторах и т. п.)

Но «машинопоклонники» — это термин Н. Винера — не унимаются. Проходят годы, и вновь появляется опасность «слева», связанная с абсолютизацией влияния НТР и с игнорированием социальной природы искусства. Наиболее ярко она воплощена в одной из последних работ известного представителя «информационной эстетики» А. Моля, позиция которого метафизически полярна тезисам Нордау.

А. Моль предваряет свою работу эпиграфом из Ламетри, который исключает полемику:

Эй, тугодумы,
тупицы,
брюзги и придиры,
ханжи,
сухари и педанты,
которым ничто никогда
не по вкусу,
я пишу не для вас...

Но увы, не боясь показаться «сухарем и педантом», с Молем придется спорить.

В условиях засилья современной массовой культуры, считает он, подлинный художник уже не вправе заниматься творчеством (созданием новых произведений), его цель — «метатворчество» (создание новых видов искусства). Справиться с этой задачей художник сможет лишь в союзе с ЭВМ и при освоении профессии программиста. Но «где же еще могут найти себе почву для развития новые искусства, — пишет А. Моль, — если не в комбинаторике впечатлений» [3, с. 272]. Эти «искусства», основанные на «структуралистском подходе» и должные прийти на смену традиционным, он называет «пермутационными» (от слова «перестановка»).

Изменяются, по А. Молю, не только средства и методы искусств, иным становится и их назначение. Функции отражения действительности уже исчерпаны — вот что главное в концепции А. Моля. На их место приходят «комбинаторика, немотивированность действий», обеспечивающие людям наслаждение «игрой», подобно «богам на Олимпе» [3, с. 265]. Итак, каждый художник изобретает свое собственное искусство. Итак, после Баха, Рембрандта, Толстого — «игра в бисер» с помощью столь дорогостоящих средств, как ЭВМ. Что и говорить, незавидная участь уготована искусству «машинопоклонниками», позиции которых заставляют задуматься о том, что наряду с проблемой «НТР и искусство» существует, быть может, и иная, более актуальная — искусство и, с позволения сказать, научно-техническая «контрреволюция». Эти позиции компрометируют, по нашему мнению, и новую технику, и новые искусства. Кстати, А. Моль не обходит вниманием и светомузыку, но, естественно, содержание и перспективы ее видит, конечно же, в применении пермутационных методов [3, с. 135].

И именно на примере реального развития идей светомузыкального синтеза мы попытаемся показать, что художественная практика новых искусств противоречит прогнозам А. Моля, убеждая в их полной несостоятельности.

Ранние идеи ви́дения музыки исторически и логически были связаны с натурфилософской концепцией «универсальной гармонии» и механистическими теориями светозвукового аналогизма, и светомузыка уже испытывала в свое время искушение подвергнуться обязательной математизации, а затем уже и кибернетизации (идея автоматического и однозначного «перевода звуковой информации в световую») [4—6]. Причем именно светомузыке предназначалась роль первого искусства, в котором применение «машинного творчества» было бы не только возможным, но и обязательным, единственным способом существования. Светомузыка воспринималась как искусство без рода, без племени, однозначно считалась продуктом технического прогресса. В ходе этих бесплодных экспериментов была выяснена ущербность самой идеи «перевода», связанная с методологическими извращениями в оценке специ-

фики нового художественного явления [7].

Практика и здесь оказалась прекрасным критерием истины. Конкретный опыт создания светомузыкальных композиций обычным, не машинным способом убеждает в том, что светомузыка обещает стать вполне самостоятельной формой художественного отражения действительности — со своим предметом и содержанием, своим материалом и способом воздействия. Можно с уверенностью прогнозировать, что светомузыка — это новый вид искусства со своей историей, со своими возможностями и спецификой.

Преодолению трудностей в выявлении этой специфики может помочь опыт другого молодого искусства — кино. Оно, как известно, имело свой «эмбриональный период» развития, когда в недрах литературы, живописи и театра постепенно и исподволь вызревали «кинематографические» тенденции [8]. И когда кинематограф, наконец, явился, в понимании его возможностей, соответственно дали себя знать «гены» этих искусств. Кино — это «движущаяся живопись», заявляли одни и работали исходя из данной позиции. Это «видимая литература», утверждали другие. Кино — это «оптический театр», считали третьи... Пока, наконец, не выяснилось, не выявилось в практике, что кино — это кино.

Рождению светомузыки, аналогично, предшествовали подобные центробежные (в направлении к ожидаемому новому искусству) «эмбриональные» тенденции в музыке, в живописи, в кинематографе и в музыкальном театре (хореографии, прежде всего). И здесь, при начале освоения возможностей светомузыки представители разных творческих профессий выделяли в ней прежде всего то, что было им более близко, понимая ее соответственно как «визуализацию музыки», как «динамическую светоживопись», «беспредметный кинематограф» и «инструментальную хореографию». Подобная «недальновидность», вероятно, неизбежна для раннего периода развития любых новых явлений, подобно тому как, например, инерционность мышления первых изобретателей паровоза заставляла делать его шагающим на железных ногах.

Интересная закономерность отмечена автором при демонстрации одних и тех же светомузыкальных композиций различной зрительской аудитории. Художники прежде всего обращают внимание на колористическое и композиционное решение «кадра», оценивая изображение по канонам статической живописи, в то время как «музыкальная форма как процесс» (Б. Асафьев) диктует свою логику построения изображения. И то, что для художника может показаться бедным по воздействию, у музыканта обычно вызывает ощущение информационной перегруженности, перекрывающей действие музыки. Кинематографисты оперируют своими категориями, музыка для них, наоборот, воспринимается как фон по отношению к «первичному» видимому ряду. Логику сценического действия пытаются усмотреть в новом искусстве работники музыкального театра, которые непрочь саму светомузыку использовать лишь как «инструментальный аккомпанемент» к человеческой пластике.

В оценках каждого из них есть своя правда, но она не полная, подобно тому как в известной древнеиндийской притче один исследователь принял слона в темноте за «стену», другой — за «столб», третий — за «веревку». В то время как изучаемый объект реально является только и именно слоном...

Светомузыка на самом деле связана теснейшими отношениями и с музыкой, и с живописью, и с кинематографом, и с хореографией. Но эти отношения весьма специфичны и могут быть объяснены лишь диалектикой части и целого, лишь при понимании светомузыки как органически целостной художественной системы. Светомузыкальная композиция использует светокрасочный материал (связь с живописью), организованный в совместном его развитии со звуком по законам музыкальной логики и формы (связь с музыкой), несущий в себе интонации человеческой пластики и движений других природных объектов (связь с хореографией) и могущий свободно развиваться с использованием возможностей монтажа, изменения крупности плана, ракурса и т. д. (связь с кинематографом). В классификационной системе светомузыка является пространственно-временным, слухозрительным, выразительным и интонационным искусством [9].

Если «музыкоцентристские», «живописьцентристские» и «киноцентристские» концепции, наиболее популярные в объяснении светомузыки, позволяют выявить в основном, какие средства и как должны использоваться новым искусством, то анализ отношений между светомузыкой и хореографией, опытом восприятия жеста и визуальной пластики способствует пониманию природы содержательности светомузыки, пониманию способа отражения ею действительности. Эта связь, оказывается, не так очевидна для исследователей, и на ней следует остановиться подробнее.

Древнее «мусическое искусство», как известно, было синкретическим, и под «мусикой» прежде понималось неразрывное единство звучаний, жеста и слова. «Мусика» воспринималась как слухом, так и зрением. Подлинной «музыкой для глаз» был танец. Но если планетные условия позволили человеку прибавить к естественному звуковому инструменту (голосу) инструменты искусственного происхождения, то в области видимого возможности «музыкальной» пластики оставались связанными с конкретным и единственным природным объектом — человеческим телом, свобода динамики которого к тому же была ограничена земным притяжением. Музыка достигла к современному моменту высот симфонизма, в то время как «музыка для глаз» так и остановилась на «вокальной» стадии своего развития, достигнув высшего в балете. Инструментальная «музыка для глаз» смогла сделать первые шаги лишь сейчас, когда появилась светопроекционная техника, позволяющая получать визуальные образы, свободные от воздействия силы тяготения и трансформируемые во времени и пространстве в любых необходимых отношениях.

Понятие «интонация» в области видимого, хоть оно и не идентично полностью «интонации» в слышимом, нельзя считать метафорой. Этот термин уже давно наличествует в обиходе хореографии. И если в речи интонация характеризует

«выразительный тонус» ее, эмоциональную окраску ее звучания, то ведь и по характеру пластики человеческого жеста можно судить о его «выразительном тонусе», его «эмоциональной окраске». Столь же содержателен и значим для человека характер движения визуальных образов и динамики красок в светомузыке. Причем, подобно тому, как музыканты говорят об интонационной обусловленности не только мелодии, но и тембра, гармонии и полифонии, так же и в светомузыке мотивированным «человеческими» и «природными» интонациями является не только движение визуальных образов, но и характер их отношений со звуком по «вертикали» [10]. И говоря о слухозрительной полифонии как высшем и самом содержательном приеме светомузыкального синтеза, следует иметь в виду, что она отражает именно ту сложность взаимоотношений, которая реально существует между видимой и слышимой «сторонами» окружающей нас действительности.

Возникновению «инструментальной световой хореографии», как условно можно охарактеризовать светомузыку (в той же мере, конечно, как музыка — это «инструментальное пение»), способствовало не только появление необходимых технических средств. Современная общественная практика, характеризуемая высоким уровнем социальной активности и соответственно резко возросшим значением средств визуальной и комплексной аудиовизуальной коммуникации в быту, производстве и искусстве (архитектура как искусственная среда, системы отображения информации, дизайн, наглядные методы в обучении, сценография, иллюминация, реклама, массовые зрелища, телевидение и т. д.), связана с интенсивной «визуализацией» культуры, широким освоением языка визуального мышления, что, естественно, приводит человечество к осознанию необходимости интонационного обобщения своего зрительного и зрительно-слухового опыта.

И следует особо подчеркнуть, что при освоении интонационных ресурсов светомузыки ею будет ассимилироваться опыт не только хореографии, но и не в меньшей мере кинематографа, телевидения, где в управляемую пластику включаются, кроме человека, и другие объекты видимого мира.

Итак, светомузыка, как и музыка, — «искусство интонируемого смысла» (по Б. Асафьеву). Музыка, писал исследователь, «прежде всего искусство интонации, а вне интонации — только комбинация звуков ... и игра инструментов вне интонирования — тоже всего лишь «игровая забава» [11]. Следуя за Асафьевым, можно прийти к заключению, что и светомузыка «прежде всего искусство интонации, а вне интонации — только комбинация световых образов, игровая забава». И нельзя считать полноценными художественными произведениями такие композиции, как, например, «Светозвуковой проект» голландца П. Струйкена [12], решенный в лучших традициях «пермутационного» искусства, когда и звуковые, и синхронные с ними световые эффекты «генерируются» ЭВМ по стохастической программе. (Но спорить тут, впрочем, не о чем, так как «игровая забава», «комбинация» для него, как и для А. Моля, не хула, а комплимент!..)

Таким образом, если сохранять и за светомузыкой (и за иными будущими искусствами) право быть формой отражения действительности, следует признать, что возможность чисто машинного, кибернетического создания оригинальных светомузыкальных произведений на сегодняшний день в той же мере проблематична, как и в отношении других традиционных искусств. «Возможно, — не без улыбки отмечает А. Колмогоров, — что автомат, способный писать стихи на уровне больших поэтов, нельзя построить проще, чем промоделировав все развитие культурной жизни того общества, в котором поэты реально развиваются».

Вероятно, не справятся машины и с более скромной задачей создания световых сопровождений к уже существующим музыкальным произведениям. Возможно, машины когда-нибудь и научатся анализировать и опознавать выразительные средства музыки и на основе статистических данных «цветного слуха» смогут моделировать на экране общезначимое ассоциативное ви́дение данного произведения. Но «тысяча кроликов — не слон», и музыкальное произведение — это не просто «тысяча» нот, аккордов и тембров, действие музыки как целого не слагается арифметически из действия ее частей. Музыка — это не «генератор аффектов», это не бессмысленный возбудитель разрозненных эмоций, когда слушатель не воспринимает главное в музыке — развитие тем, логики и формы произведения в целом (а через это соответственно смысла и идеи произведения).

Но если даже «забыть», что язык искусства не формализуем до конца, и предположить, что будет когда-нибудь создана машина, способная справиться с анализом уже и этих «параметров» музыки, машина, работающая по сложнейшей, но опять-таки «среднестатистической» программе, «угодной каждому», то к ней применима та оценка, которой охарактеризовал В. Иванов известные опыты по машинному сочинению музыки. Это, говорил он, есть «прекрасный пример того, как не должны писать люди. С помощью машины имитируется человеческая посредственность. Мы как бы получаем точную математическую формулировку того, что стало стандартом, трафаретом, по которому работают ремесленники».

Конечно, можно модернизировать этот автомат таким образом, что он, имитируя творчество, время от времени будет вводить отступления от заданной жесткой программы светомузыкального синтеза. Но если у человека-творца эти «обращения к маловероятному», эти «отступления от правил» сознательны, подчинены какому-либо конкретному и единому художественному замыслу, то у кибернетического устройства (если оно, конечно, не обладает всей биологической и социальной памятью какого-либо конкретного человека) они не могут быть не случайными, и поэтому бесцельны и бессмысленны...

Казалось бы, здесь мы вновь приходим к «стохастическому», «пермутационному» искусству А. Моля. Но не полностью, ибо не случайна и содержательна в этом случае сама музыка, используемая для сопровождения светом (ведь написана она без применения машинной «комбинаторики»). И автоматические

светомузыкальные устройства подобного типа уже имеют право на существование, они обладают определенным художественным воздействием [13]. Но принцип их работы, их назначение иные и весьма специфичны. И их анализ позволяет выявить рациональное зерно пермутационных методов, быть может, и неожиданное для самого А. Моля и его сторонников.

В чисто зрелищном отношении результат автоматического совмещения звучащей музыки с заданным световым материалом может быть даже более привлекательным, схожим с «человеческим» сочинением и, главное, исключающим банальность световых партий, которую обеспечивают пресловутые автоматические установки однозначного «перевода звуковой информации в световую». Но, как следствие этого, не нужно ожидать при повторном воспроизведении музыки одинаковости светового сопровождения. Оно будет заведомо различным потому, что, напомним, в управлении светом сознательно был запрограммирован элемент случайности. И в отличие от собственно светомузыки подобные светомузыкальные панно могут быть совмещены с любым музыкальным произведением, отнюдь не предназначенным для восприятия от начала до конца, так как исходной здесь является замкнутая светодинамическая композиция (и без музыки обладающая определенным декоративным воздействием). И оценивать эти «панно» бессмысленно критериями светомузыки, так как они входят в образную систему декоративно-прикладного искусства, точнее, его современного жанра, рожденного научно-технической революцией, за которым закрепилось название «кинетическое искусство» и которое ставит своей целью создание «управляемой искусственной среды» художественного назначения. Подобные автоматические «светомузыкальные» установки уже выпускаются серийно в упрощенных вариантах многими зарубежными и отечественными предприятиями для широкого потребления (оформление дискотек, предприятий общепита). Более сложные варианты установок так называемой «функциональной светомузыки» предназначаются для оформления общественных и производственных помещений, выполняя функции утолителя «сенсорного голода» в условиях монотонии труда.

Завершая анализ позиций А. Моля и выходя уже за пределы собственно интересов светомузыки, можно отметить то, что альтернатива, предлагаемая А. Молем, является в конечном итоге ложной даже при допущении существования «пермутационных» искусств.

В свое время автор отмечал, что в первичном слое многих (новых) искусств лежит «реализация» чуда, показал, что их специфика далеко не исчерпывается эксплуатацией данного феномена [14]. Единственное искусство, которое специально и действенно делает «реализацию чуда» своим содержанием, — это цирк. Подобно тому, «кинетическое искусство» является единственной художественной формой, которая специально и действенно может использовать столь любезные слуху А. Моля «комбинаторику», «игру», «пермутацию» и «стохастику» путем включения самого зрителя в игровые ситуации с «управляемой искусственной (светозвуковой) средой», способствуя разрешению «комплекса игры». Наиболее полное воплощение эта идея нашла в так называемых «лабиринтах» [15] — специальных архитектурных сооружениях, в которых зритель проходит через последовательность зон «искусственной среды», реагирующих, за счет наличия обратной связи, определенным образом на активность зрителя и предлагающих ему различные «исходы» и траектории следования по этому лабиринту, зависящие от его выбора. Программа «поведения» искусственной аудиовизуальной среды задается в общих чертах режиссером и реализуется с помощью электроники и ЭВМ. Многовариантность «исхода» отражает здесь непосредственно, в живой игровой ситуации, в концентрированном виде и в художественно-образной форме то диалектическое единство детерминированности и случайности, неопределенности, которое сопутствует человеку в реальных жизненных ситуациях. Тут уж поистине человек может наслаждаться «игрой», подобно богам на Олимпе. Лабиринты являются своеобразными «комнатами смеха» кибернетического века, новым содержательным аттракционом, новой игровой, зрелищной формой отражения действительности, заметим, единственной формой, где «пермутационные» методы А. Моля являются естественными и необходимыми. И при продуманной (многовариантной!) режиссуре лабиринты могут воплощать уже довольно сложные философские проблемы, заставляя зрителя принимать самостоятельные решения в сложных коллизиях, создаваемых «искусственной средой» (имитации путешествия в неведомый космос, погружение в «глубины» квантового мира и т. п.). Сейчас советские режиссеры планируют создание «косморамы» подобного назначения...

Таким образом, ответ на вопрос, вынесенный в заглавие, применительно к светомузыке однозначен — это самостоятельная форма художественного отражения действительности, как и любые другие, традиционные искусства. И как это ни звучит парадоксально, сами «пермутационные» методы приживутся в искусстве лишь в тех художественных явлениях, где за счет включения человека в замкнутую систему «зритель — искусственная управляемая среда» они будут служить тем же целям — отражению действительности, пусть и в весьма специфической форме.

Естественно, проблема новых искусств в эпоху НТР, как и связанный с ней вопрос о взаимоотношениях в системе «художник—техника», весьма сложная и требует более основательного и специального изучения. Обладая столь великолепным орудием, как методологический аппарат материалистической диалектики, советские ученые и в условиях плюрализма не должны отдавать эту проблему «на откуп» буржуазным ученым, которые и здесь, как то мы видели выше, уже под «прикрытием ЭВМ» стремятся обезоружить искусство, лишить его содержательности и гражданственности, предлагая взамен, вместо этого, глобальный кибернетизированный вариант дадаизма.

...А если не дадаизм и даже не экзотический лабиринт, если нет претензий заменить Скрябина машиной, неужели не мо-

жет прельстить его последователей-светомузыкантов то роскошное великолепие красочных узоров, которое получается нынче на экранах дисплеев современных ЭВМ? Разве нельзя использовать компьютерную машинерию, так сказать, в мирных целях — в качестве новой, небывалой по запасам изобразительных возможностей палитры? Конечно, можно, более того — обязательно нужно. Но следует ли при этом применять термин «компьютерное искусство», насколько корректно само сочетание данных слов под одними кавычками?

Красивейшие, с очень усложненной структурой узоры получают на графопостроителях, порою случайно, даже при решении чисто инженерных задач. Люди со вкусом отбирают наиболее интересные и, поместив их в раму, представляют на выставках так называемой компьютерной графики (например, был такой раздел в экспозиции Всесоюзного фестиваля «Свет и музыка», проведенного в Казани осенью 1987 г. [16]). Они всегда привлекают внимание зрителей, безобразными их никак не назовешь, язык не повернется. К тому же в формализме машину упрекнуть трудно — эстетики были в растерянности, столкнувшись с новым явлением. Ругать бессмысленно — несомненна красота, явленная машиной, но очевидно, что об отражении действительности здесь речи быть не может. Выходит, красиво, но не искусство? Да, это так. И ничего удивительного в этом нет. Композиции компьютерной графики следует оценивать критериями не художественного, а эстетического явления, как оценивали бы мы обычно явления природы — кристаллы, волны, снежинки, пламя и т. д. Впрочем, иначе и быть не должно, ведь ЭВМ, работающая сама по себе, без вмешательства художника, и есть не что иное, как искусственное продолжение неживой природы!

Что же сделать, чтобы использовать достоинства компьютерной техники в собственно художественных целях? Обратимся к опыту традиционно технических искусств, вспомним о выражении «субъективный объектив». Это не игра слов, в этом парадоксальном выражении содержится глубочайший смысл. Оно означает то, что через объектив смотрит пристрастный к миру субъект — художник, выражающий через все манипуляции с используемой техникой свое отношение к миру (внешне это и выбор им объекта, крупности плана, ракурса, монтаж и т. д.). Без «субъективации», без одушевления техники и кинематограф, и фотография, и телевидение так и оставались бы зрелищным аттракционом. Художественный образ как продукт сознания, точнее человеческого творчества, — это именно и тем более «субъективный образ объективного мира», где в качестве субъекта выступает одаренная, социально активная личность. И нет при этом никакой принципиальной разницы — какая кисть и палитра у него, обычная или электронная. Правда, собственно ремесленные приемы и навыки здесь разнятся, но суть взаимоотношений между «рукой» и «кистью» сохраняется (хотя структура этих взаимоотношений в технических искусствах усложняется и весьма специфична).

Исходя из такого рода общих методологических позиций можно утверждать и относительно нашей проблемы — необходима «субъективация» компьютера, чтобы и его участие в художественной деятельности было результативным. Мы знаем, каким образом у фотохудожника бездушная техника превращается в «субъективный объектив», что же нужно сделать, чтобы оправдалось необычное сочетание слов «субъективный компьютер»? Судя по всему, это компьютер, используемый в режиме и в целях немашинного творчества. Звучит парадоксально? Дело в том, что компьютер сам по себе не может стать субъектом, личностью, «совокупностью общественных отношений», ибо сущность человека определяется не только одним объемом памяти и быстродействием информационных процессов. «Субъективным» компьютер может быть лишь в **постоянном** союзе с человеком.

Более 30 лет занимаясь светомузыкальной практикой, автор видит здесь перспективы компьютерной техники в следующем. Человек (художник) целенаправленно формирует, отбирает на экране дисплея многообразные красочные картинки, запоминая и создавая таким образом «банк визуальных образов». В ходе работы с традиционной светотехникой уже выявлены приемы возможных динамических трансформаций изображения (изменение яркости, масштаба, цветности, скорости, характера движения и т. д.). Собственно, компьютерная техника добавляет свои приемы, прежде трудно достижимые (мгновенная смена позитивного изображения на негативное, впечатки и т. д.). Совокупность операций, определяющих все эти манипуляции, образует свой «банк движений электронной кисти». Опираясь на данный запас изобразительных средств, светохудожник, точнее режиссер, выводит на экран необходимые образы в необходимой их динамике развития согласно заранее разработанной концепции, партитуре, сценарию светомузыкального произведения. Естественно, бóльшая «одушевленность» визуальной композиции достигается при возможности редактирования, коррекции, сиюминутного вмешательства как в процесс создания самой картинки (световое перо и т. д.), так и в управление ее динамикой (ручной пульт).

Как конкретно должен осуществляться поиск путей этой субъективации компьютера — решится в практике последовательного его освоения художником. Например, в многолетних экспериментах студенческого КБ «Прометей», которым автор руководит, пока ограничились использованием компьютерной техники для запоминания действий многочисленных светооператоров на пульте для последующего воспроизведения партии света уже без их участия, одним нажатием кнопки многоканального магнитофона. Собственно визуальная композиция создается набором традиционных светоэффектных приборов [17]. Другие наши коллеги поручают компьютеру управление сканером лазерного луча (своего рода механический осциллограф), что позволяет рисовать на экране сложнейшие узоры лазерной графики. Известны и опыты поручения всей визуальной картинки компьютеру (феерические спецэффекты на телевидении), но здесь пока наблюдается некое

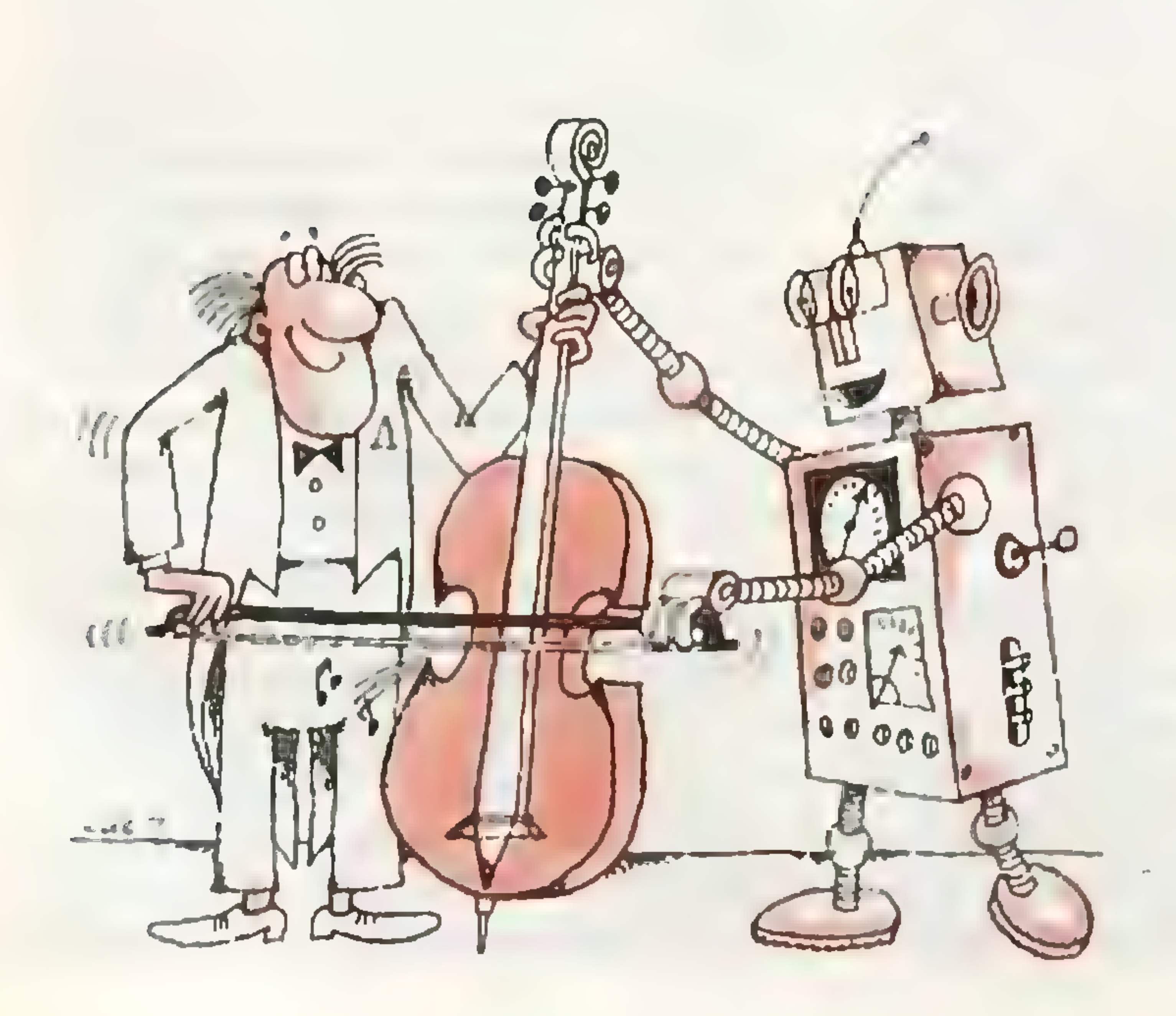
«косноязычие» в пользовании новым визуальным языком, так как в управлении динамикой этих эффектов отсутствует та легкость и свобода, которая есть, например, в музыке применительно к звуковому материалу.

Так или иначе, пути одушевления компьютерной графики нащупываются, и это приближает тот момент, когда и компьютер станет великолепным и послушным орудием светохудожника. И сам компьютер посрамит то убогое предназначение «бесконечного калейдоскопа», каковым ограничивали возможности новой техники Моль и его последователи.

Итак, на новом материале подтверждается характеристика основоположниками марксизма любой техники, машины, орудий. «Все это — *созданные человеческой рукой органы человеческого мозга*» [18]. Конкретизируется их мысль о равносильности овладения орудием развитию определенных способностей индивида [19]. Именно развитию, а не бессмысленной подмене «чем-то другим» и неведомого назначения...

Список литературы

1. Маркс К., Энгельс Ф. Соч. — Т. 32. — С. 43.
2. Герман Ш. М., Скатерщиков В. К. Беседы об эстетике. — М.: Знание, 1970. — С. 90—93.
3. Моль А., Фукс В., Касслер М. Искусство и ЭВМ. — М.: Мир, 1975.
4. Леонтьев К. Музыка и цвет. — М.: Знание, 1961.
5. Барзман М. и др. Об эстетической информации в музыке и цветомузыке / Конференция «Свет и музыка» (тезисы и аннотации). — Казань: Казавиаинститут, 1969. — С. 10—12.
6. Галеев Б. М. От натурфилософских концепций «ви́дения музыки» к искусству светомузыки // Философские науки. — 1982. — № 3. — С. 140—142.
7. Галеев Б. М. Не автоматический «перевод», а органическое целое / Творческий процесс и художественное восприятие. — Л.: Наука, 1978. — С. 266—268.
8. Козинцев Г. Сцена, книга, экран / Содружество наук и тайны творчества. — М.: Искусство, 1968.
9. Галеев Б. М. Светомузыка: становление и сущность нового искусства. — Казань: Таткнигоиздат, 1976.
10. Галеев Б. М. Цветной слух и эффект светозвука / Доклады VI Всесоюзной акустической конференции. — М.: АН СССР, 1968.
11. Асафьев Б. Музыкальная форма как процесс. — Л.: Музыка, 1971. — С. 375.
12. Weiland F. Three audio-visual projects. — Sonorum speculum, N 48, Autumn, 1971. — P. 27—39.
13. См. об этом подробнее в кн.: Галеев Б. М., Сайфуллин Р. Ф. Светомузыкальные устройства. — М.: Энергия, 1978.
14. Галеев Б. М. «Комплекс Василисы Прекрасной» и «феномен сыра» // Материалы III конференции «Свет и музыка». — Казань: Казавиаинститут, 1975. — С. 60—64.
15. Идея «лабиринта» как высшей формы «кинетического искусства» впервые предложена французской художественной группой GRAV лет 15—20 назад. См. об этом: Popper F. Naissance de l'art cinetique. — P., Gauthier — Villars, 1967. — P. 200; Колейчук В. Ф. Мобильная архитектура. — М.: ЦНТИ по гражданскому строительству и архитектуре, 1973. — С. 41.
16. Каталог демонстрационной программы Всесоюзной школы-фестиваля «Свет и музыка». — Казань, 1987.
17. Галеев Б. М., Зорин С. М., Сайфуллин Р. Ф. Светомузыкальные инструменты. — М.: Радио и связь, 1987.
18. Маркс К., Энгельс Ф. Соч., — Т. 46. — Ч. 2. — С. 215.
19. Маркс К., Энгельс Ф. Соч. — Т. 3 — С. 68.







Автор надеется рассмотрением функций компьютеров в музыке убедить некоторых скептиков и противников использования компьютерной техники в творчестве в том, что эта техника не покушается на их личную творческую свободу, Уместно также отметить, что энтузиасты использования компьютеров в музыкальном творчестве не находились и не находятся в антагонистических отношениях с традиционной, исполняемой «живыми» оркестрами музыкой.

А. Б. РОДИОНОВ

«ЭЛЕКТРОННЫЙ ОРКЕСТР» И ПЕРСОНАЛЬНЫЙ КОМПЬЮТЕР

Персональный компьютер является средством для автоматизированной обработки информации. Понятие «информация» включает в себя в том числе и информацию музыкальную: нотную запись музыкальных произведений, описание звуковых сигналов и др. Поэтому вполне закономерно, что все более широкое использование компьютеров музыкантами и звукорежиссерами в своей работе не в качестве очередного экзотического средства для создания новой музыки, а в качестве обычного (и уже привычного) средства для повседневной работы. Все большее количество композиторов и музыкантов на сегодняшний день начинают использовать те возможности, которые предоставляют им персональные компьютеры, и, конечно, то программное обеспечение, которое для них существует. Важно при этом отметить, что применение компьютера в работе композитора обычно не означает перекладывания на плечи компьютера творческих компонент работы: сочинения мелодий, гармонизации, аранжировки и др. — компьютер чаще всего управляет электронным оркестром, состоящим из различных цифровых музыкальных устройств, и автоматизирует такие рутинные операции, как редактирование и печатание партитур, ведение баз данных тембров, фрагментов музыкальных произведений, различных мелодико-гармонических заготовок и пр.

Компьютер предоставляет музыкантам и некоторые новые возможности: прослушивание музыкальных произведений в полной аранжировке во время их сочинения, высокую степень детализации работы над штрихами и различными нюансами исполнения, включение в партитуры элементов звукорежиссуры (управление окончательным звучанием музыкальных произведений) и многое другое.

Ниже будут рассмотрены особенности использования цифровой техники и компьютеров в музыке, а также некоторые перспективы их дальнейшего развития.

Цифровая техника для музыкантов

Говоря об использовании персональных компьютеров в музыке, мы имеем в виду в первую очередь возможность управления электронным оркестром музыканта — цифровыми музыкальными инструментами и музыкальными процессорами. Рассмотрим, из каких классов устройств может состоять этот «электронный оркестр» и какие основные требования к нему предъявляются.

На самом верхнем уровне классификации звуковой аппаратуры, используемой музыкантами, мы можем выделить следующие два класса устройств:

1. Тон-генераторы — устройства, непосредственно создающие звук.

2. Процессоры обработки звуковых сигналов — устройства для обработки и преобразования уже существующих звуковых сигналов.

На сегодняшний день музыкантами используются два основных типа тонгенераторов: синтезаторы и сэмплеры.

Синтезаторы. Синтезаторы позволяют музыканту задавать программы изменения основных параметров звуков во времени и тем самым синтезировать музыкальные тембры. К основным параметрам синтеза относятся:

— исходная частота звука и программа ее изменения во времени;

— исходный гармонический спектр

звука и программа его изменения во времени;

— исходная громкость звука и программа изменения громкости во времени.

Программы изменения параметров синтеза во времени обычно задаются при помощи «генераторов огибающих», используя которые музыкант может программировать время атаки (нарастания), затухания (спада), сустейна (величины установившегося значения) и других различных управляющих воздействий на блоки синтезатора, отвечающих за синтез параметров частоты, спектра и громкости звука. Таким образом, тембральное программирование синтезаторов сводится к изменению параметров синтеза, управляющих тембром звука, в рамках той или иной конкретной модели синтеза.

К наиболее распространенным на сегодняшний день моделям синтеза, в свою очередь, относятся:

— классическая модель, предложенная Робертом Мугом для его первых аналоговых синтезаторов (в настоящее время используются ее цифровые эквиваленты), которая состоит из следующих блоков:

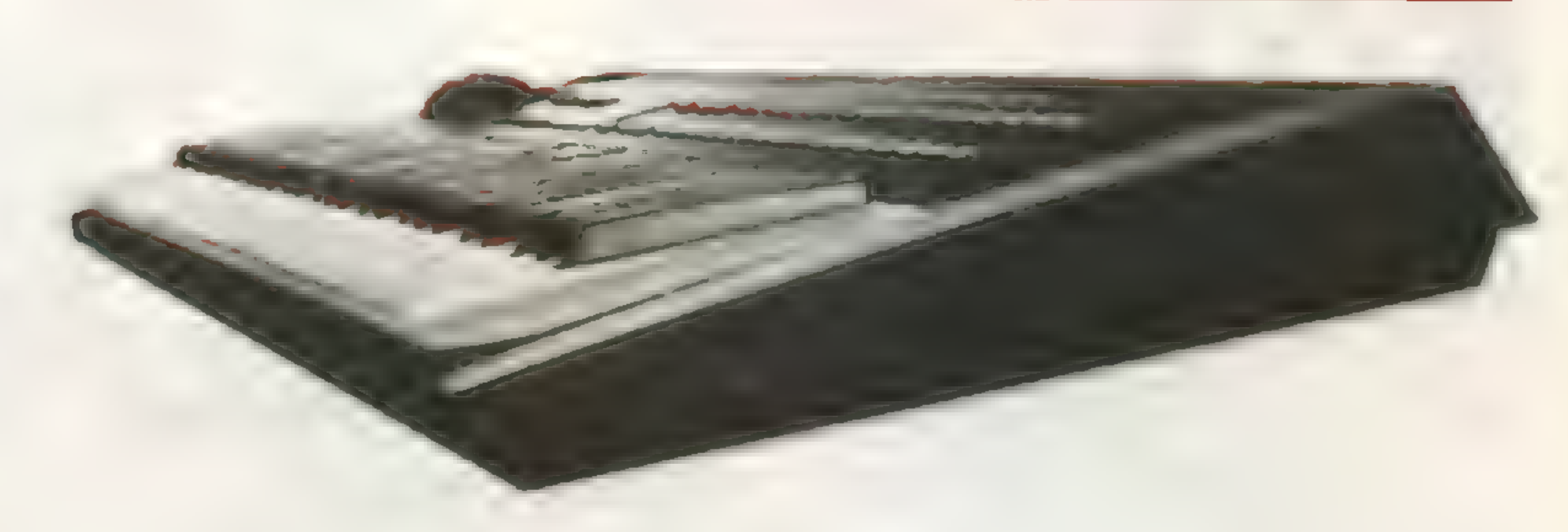
блока генерации исходного спектра сигнала,

блока фильтрации сигнала,

блока амплитудной модуляции сигнала,

одного и более генераторов огибающей и генераторов инфранизких частот, подключаемых в качестве генераторов управляющих программированных воздействий к первым трем типам блоков;

— частотно-модуляционная модель



(FM), используемая преимущественно фирмой Yamaha, — состоит из отдельных генераторов синусоидальных колебаний, часть которых используется в качестве частотных модуляторов для других генераторов — источников звука. Генераторы огибающей и инфранизких частот программируются для управления значениями индексов модуляции (тембра звука), его громкостью и в некоторых моделях синтезаторов общей высотой тональной перестройки.

Кроме этих двух широко распространенных моделей, используются также модели гармонического синтеза (программирование амплитуд изменения каждой отдельно взятой гармоники звукового сигнала во времени), фазовых искажений (phase distortion — фирма «Касио») и другие, в том числе комбинированные модели синтеза.

Сэмплеры. Сэмплеры обычно не относятся к устройствам, позволяющим музыканту активно влиять на изменение параметров звука во времени, — их принцип действия основан на записи исходного уже существующего сигнала в цифровую память большого объема (англ. sample — образец, отдельный цифровой счет) с последующим ее модифицированным опросом для воспроизведения высоты каждой взятой ноты (или аккорда). Таким образом, сэмплер можно сравнить с несколькими магнитофонами, скорость воспроизве-

KX88/KX76 MIDI Master Keyboard



дения которых мгновенно меняется в зависимости от требуемой высоты воспроизводимых ими звуков (с мгновенной перемоткой к началу ленты для начала каждого нового звука). Возможности алгоритмической обработки звуков в сэмплерах средней стоимости обычно сводятся к программированию времени начала и окончания «петли» (повторения звука) для звуков, имеющих большую продолжительность установившегося звучания. Кроме этого, иногда предусматривается простая фильтрация результирующих сигналов. Таким образом, можно сказать, что сэмплеры хранят в своей памяти собственно звуки в отличие от синтезаторов, хранящих алгоритмы синтеза звуков.

При сравнении сэмплеров и синтезаторов по областям применения следует отметить, что сэмплеры обычно очень хорошо подходят для воспроизведения широких оркестровых звучаний, но гораздо в меньшей степени — для динамической имитации солирующих инструментов, так как количество штрихов (тембровых отличий) для вписанных в их память звуков даже одного инструмента ограничивается объемом оперативной памяти сэмплера и рано или поздно становится заметным на слух (конечно, для существующего на сегодняшний день соотношения стоимость / объем используемой оперативной памяти).

В отличие от сэмплеров синтезаторы позволяют программировать практически непрерывное изменение штриха звука в зависимости от динамики исполнения, но проблема адекватного синтеза сложных звуков при помощи тех или иных моделей синтеза является весьма непростой, целиком зависит от искусства и опыта музыканта, синтезирующего требуемый тембр.

Необходимо отметить, что в некоторых современных моделях синтезаторов делаются попытки объединить достоинства синтезаторов и сэмплеров в генераторной основе обычной классической схемы синтезатора. Музыканту предоставляется возможность использовать не только типовые формы волн (пила, треугольник, прямоугольник и др.), но и находящиеся в специальной постоянной памяти (ПЗУ) синтезатора сложные цифровые спектры различных, в основном естественных, звуков. С использованием сэмплерных (ПЗУ) или комбинированных схем обычно строятся и так называемые ритм-машины — специализированные синтезаторы звуков ударных инструментов с дополнительной памятью для запоминания ритмических партий в реальном масштабе времени.

Процессоры обработки звуковых сигналов. Современные процессоры обработки звуковых сигналов относятся к устройствам с цифровой памятью, в которую постоянно записывается исходный сигнал, а считывается сигнал, модифицированный по тому или иному алгоритму (программе) обработки. Модифицированный сигнал с выхода таких устройств может подмешиваться к прямому сигналу на общем выходе, подаваться на отдельный выход и / или снова поступать на вход процессора (обратная связь).

Типичными примерами программ обработки сигналов являются искусственная реверберация, расширенные стереобазы за счет изменения фазовых соотношений сигналов, фильтрация, транспозиция (изменение частоты), реверсивное считывание сигнала и многое другое. Важно отметить, что современные процессоры обработки сигналов могут иметь несколько различных алгоритмов (моделей) обработки сигнала, каждый из которых имеет свои собственные перестраиваемые параметры (например, время реверберации для ревербератора, параметры фильтрации для эквалайзера и т. п.). Для запоминания необходимых музыканту или звукорежиссеру конкретных операций в современных процессорах используется специальная цифровая память, в которую записывается тип используемой модели обработки сигнала вместе с соответствующими параметрами для последующего вызова такой программы обработки по ее номеру.

Цифровой памятью и цифровым управлением снабжаются также и современные микшерские пульты, многоканальные магнитофоны и другая звуковая аппаратура.

Выше мы рассмотрели отдельные классы цифровых музыкальных



устройств, но внутри каждого из этих классов существует множество всевозможных, порой достаточно сильно отличающихся друг от друга типов музыкальных инструментов и другой аппаратуры. Для управления всеми этими устройствами из единого центра, хранящего партитуру музыкального произведения, потребовалось создание стандарта на аппаратуру и протокол связи между различными устройствами такой системы. Этот стандарт получил название MIDI (Musical Instrument Digital Interface).

В рамках MIDI можно передавать информацию о номерах используемых тембров и многое другое. Все устройства, снабженные MIDI, совместимы в рамках этого стандарта и допускают управление ими из единого центра, т. е. могут образовывать MIDI-сеть при соответствующем подключении их друг к другу. Отдельные устройства MIDI-сети могут иметь различные адреса для приема и передачи информации и управляться совершенно независимо друг от друга.

Таким образом, персональный компьютер, снабженный MIDI, может управлять «электронным оркестром» из MIDI-устройств в соответствии с партитурой или другими данными, хранящимися в его памяти. Специальные программы для этого компьютера должны осуществлять многоканальный ввод и вывод MIDI-информации в реальном масштабе времени, коррекцию введенного материала в реальном времени и в режиме экранного редактирования, а также многие другие операции.

Чем же может помочь компьютер композитору?

В работе композитора при помощи компьютера можно автоматизировать:

— некоторые аспекты традиционной работы:

ввод, экранное редактирование и печать нотного материала;

алгоритмическое преобразование партий в партитурах (транспозиция, инверсия и пр.);

ведение баз данных по ранее сочиненным мелодиям и вариантам и аранжировок;

— некоторые новые аспекты работы, связанные со спецификой использования цифровых устройств:

экранное управление параметрами синтеза и обработки для отдельных устройств с отображением их состояний на экране компьютера;

ведение банков тембров и программ для синтезаторов, сэмплеров и процессоров обработки звуковых сигналов;

алгоритмический анализ / преобразование спектров сигналов для последующей записи их в сэмплеры или синтеза звуков;

— аспекты работы, связанные с методами, используемыми в области искусственного интеллекта (автор статьи не является сторонником использования этих методов в работе композитора, хотя и не отрицает их ценности при обучении студентов, а также в музыковедческой и психологической практике):

автоматизация процессов гармонизации и аранжировки мелодий;

автоматизированный анализ мелодико-гармонического материала;

автоматическая генерация музыки.

Итак, для персонального компьютера, используемого в работе музыканта и композитора, существует обширный круг самых разнообразных приложений, но для решения этих задач только ком-

пьютера недостаточно — нужны программы, под управлением которых компьютер сможет решать эти задачи.

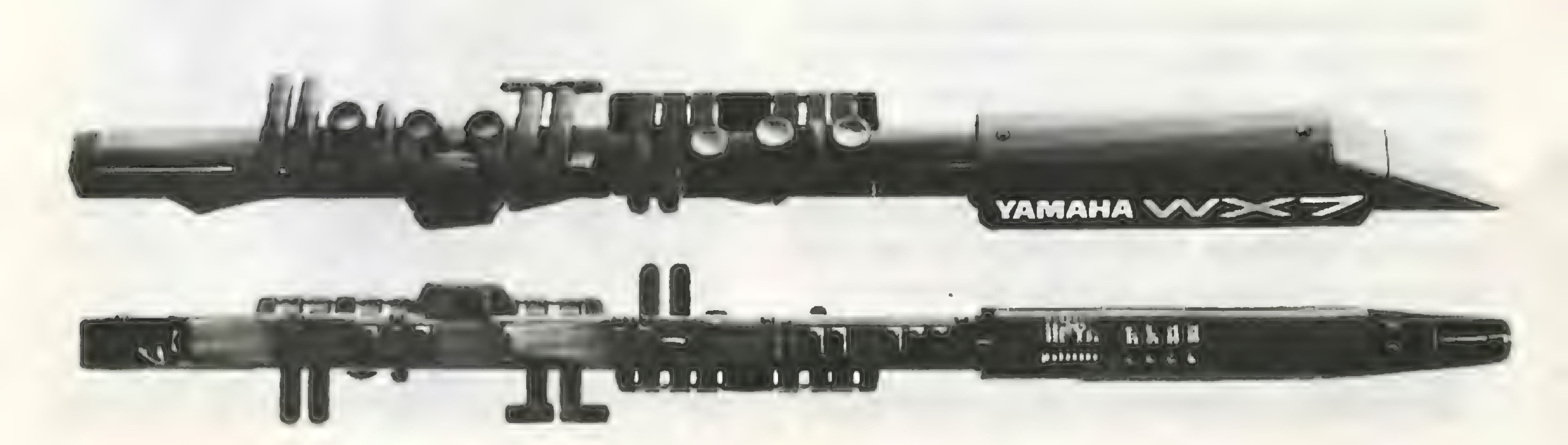
Программное обеспечение для музыкальных приложений

На сегодняшний день существует большое разнообразие музыкальных программ для компьютеров. Ниже мы приводим спецификации основных классов программного обеспечения, практически используемого сегодня музыкантами всего мира.

Дополнительно мы укажем некоторые характеристики таких программ, а также перечислим предъявляемые к ним основные требования [1].

1. Программа ввода, редактирования и печати музыкального материала в нотном виде с возможностями многоканального ввода / вывода информации в MIDI-формате в режиме реального времени. Программа должна позволять композитору работать с достаточным количеством независимых партий в партитуре одновременно, иметь несколько форматов отображения информации на экран для просмотра и редактирования партитур (в нотном виде и в терминах MIDI-сообщений как минимум). Программа должна иметь развитые средства структурирования музыкального материала и связь со специализированной музыкальной базой данных или развитой файловой системой. В базе данных должна быть предусмотрена возможность хранения произвольной (в частности, не нотной) MIDI-информации для предварительной загрузки и настройки различных MIDI-устройств. Необходимо иметь возможность динамического вызова других программ пакета с возможностью последующего (еще лучше — параллельного) предложения прерванной работы, например для вре́менного вызова программ синтеза новых тембров во время работы по созданию или редактированию нотного материала. Желательно иметь возможность работы более чем с одной MIDI-сетью одновременно и единое управление всеми сетями из партитуры, а также специальный программируемый процессор MIDI-событий (для алгоритмического преобразования партий, MIDI-задержек и пр.). Полезно всегда иметь на экране показания текущего времени (о котором часто забывают) и таймер относительного отсчета времени для партитуры. Для синхронной работы со стандартной видеоаппаратурой необходимы аппаратные и программные средства работы с SMPTE. Это очень большая и очень сложная программа, которая из-за отсутствия в некоторых операционных системах средств мультипрограммирования может оказаться и мультизадачным диспетчером / монитором всей системы.

2. Набор программ редактирования внутренней памяти параметров для отдельных MIDI-устройств. Эти программы могут выполнять и функции программ-библиотекарей (каждая для своего типа устройств). Копии содержимого внутренней памяти этих устройств (параметры синтеза / обработки сигнала, а при наличии достаточного объема внешней памяти и цифровые копии акустических сигналов из памяти сэмплеров) должны храниться в общей базе данных и быть доступны для их использования перед исполнением и во время исполнения музыкальных произведений. Желательно предусмотреть работу этих программ в любой из альтернативных MIDI-сетей. Это программы разной



степени сложности, которые зависят от сложности организации данных каждого конкретного MIDI-устройства.

3. MIDI-компилятор. Эта программа может быть полезна для различных редко употребляемых и нетиповых применений MIDI (например, вывод информационных сообщений на дисплеи MIDI-устройств о начале и окончании перезагрузки их памяти или каких-либо напоминаний исполнителю во время записи партии в режиме реального времени). Объектные коды скомпилированных MIDI-сообщений должны храниться в общей базе данных. Исходные тексты могут готовиться обычным редактором. Желательно иметь механизм макрогенерации на уровне исходных текстов и механизм вставки как исходных, так и объектных файлов. Это очень простая программа, которая не ведет никакого диалога с пользователем во время своей работы и может не использовать аппаратные средства MIDI непосредственно.

4. MIDI-трассировщик. Эта программа может быть полезна при исследовании различных «загадочных» ситуаций в сети, которые на практике чаще всего встречаются при разработке новых программных средств или MIDI-аппаратуры. Эта не слишком сложная программа скорей всего никогда не понадобится «чистому» композитору, но может оказаться необычайно полезной для всех, кто занимается новыми разработками в рамках MIDI. Лучше всего, если эта программа будет выполняться на отдельном независимом компьютере, трассирующем одну из интересующих сетей.

5. Различные программы для типовых применений, включающих подготовку и обработку текстов (с помощью одной из которых написана и эта статья), электронные таблицы и прочие широко известные и распространенные программы и системы. Разработчику новых программ для музыкальных приложений (которым может являться и композитор) безусловно потребуются и такие средства, как компиляторы с языков программирования, библиотеки подпрограмм, графические редакторы и многое другое.

В рамках статьи не представляется возможным дать разбор какой-либо конкретной реализации подобной программной системы. Поэтому автор отсылает читателя к [2], а также к фирменной документации.

Подробные спецификации MIDI с вариантом конкретной аппаратной реализации на отечественной элементной базе можно найти в [3].

Заключение

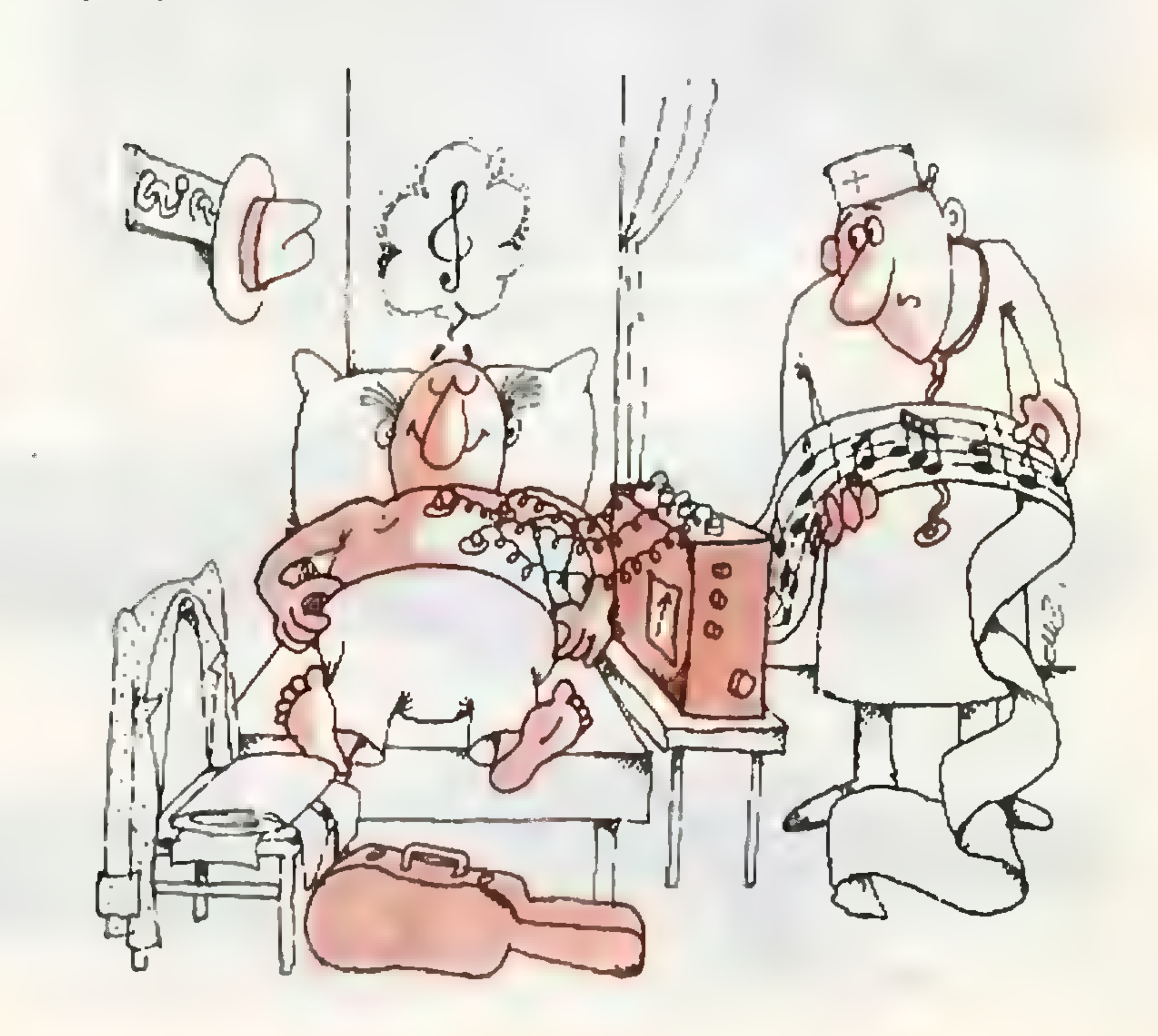
Цифровая техника и персональные компьютеры завоевывают все большее количество сторонников среди музыкантов, им предстоит развиваться и дальше в будущем, способствуя появлению новых интересных и талантливых музыкальных произведений. При этом не следует считать, что компьютеры и синтезаторы являются альтернативой традиционной музыке — они только дополняют арсенал художественных выразительных средств музыкантов и, безусловно, способствуют поднятию музыкальной культуры на новую, более высокую ступень [1].

Литература

1. Родионов А. Б. Компьютер в музыкальном творчестве // В мире персональных компьютеров. — 1988. — № 1. — С. 56.

2. Родионов А. Б. Персональный компьютер в музыкальном творчестве // Микропроцессорные средства и системы. — 1987. — № 3. — С. 53.

3. Лущихина И. Ю., Зуйкова Т. Ю., Родионов А. Б., Фоминых В. А. Организация цифрового музыкального интерфейса MIDI // Препринт. ИПИАК, 1988.





На конференции Национальной Ассоциации производителей музыкальной аппаратуры (National Association of Music Manufacturers, MAMM, США), состоявшейся в январе 1982 г., фирмы по производству электронной музыкальной аппаратуры — Roland, Yamaha, E-mu, Oberhaim, CBS-Rhodes, Korg, Octave Plateau — пришли к соглашению о стандарте, связанном с организацией цифрового интерфейса для электронных музыкальных инструментов. Результатом этого соглашения стало создание спецификации MIDI 1.0 (Musical instrument Digital Interface), включающей в себя стандарт на аппаратную и программную части, предназначенный для организации локальной сети электронных музыкальных инструментов.

Н. К. ЛЯДОВ

ЭКСКУРСИЯ В MIDI

Благодаря MIDI представилась возможность устанавливать связь (передавать сообщения) между музыкальными инструментами, барабанными устройствами, секвенсерами, компьютерами и другими устройствами, имеющими отношение к созданию музыки. Информация, касающаяся любого режима работы музыкального инструмента, такая, как игра на клавишах синтезатора или переключение на новый тембр, может по специальному кабелю передаваться от одного устройства MIDI-системы к другому, обеспечивая таким образом выполнение приемными устройствами работу в соответствии с принимаемой информацией. Интерфейс MIDI представляет собой асинхронный последовательный интерфейс типа «токовая петля» со скоростью обмена 31,250 кБод. Появление MIDI произвело коренную ломку представлений об искусстве создания музыки, существенным образом изменив пути подхода большинства современных музыкантов к процессу ее создания.

Если взглянуть на MIDI как на совместимый инструмент, то можно увидеть DIN-соединители, обозначенные как MIDI IN (ВХОД), MIDI THRU (РЕТРАНСЛЯТОР), MIDI OUTPUT (ВЫХОД). MIDI-информация передается другим устройствам через MIDI ВЫХОД, принимается от других устройств через MIDI ВХОД. MIDI РЕТРАНСЛЯТОР просто передает информацию, полученную через MIDI ВХОД. Это дает музыканту цепочку из нескольких инструментов, объединенных под управлением одного передатчика.

Каждое устройство MIDI-системы содержит микропроцессорную систему, которая ожидает наступления «события». Событием может быть воспроизведение звука (ноты), изменение положения индекса модуляции и т. д. Затем микропроцессор генерирует цифровой сигнал, который описывает это событие, и передает его через разъем MIDI ВЫХОД. Далее этот сигнал достигает разъема MIDI ВХОД приемника и анализируется микропроцессором, который обеспечивает в дальнейшем выполнение этим инструментом соответствующего события.

Чтобы иметь возможность управлять системой в реальном масштабе времени, информация, как было сказано ранее, передается с очень высокой скоростью. Кроме того, по мере необходимости цифровые сигналы в отличие от аналоговых могут интерпретироваться и модифицироваться, представляя, таким образом, бóльшую возможность управления.

Самое простое, непосредственное использование MIDI — это управление в реальном времени комплектом аппаратуры. Простейшая MIDI-система состоит из синтезатора и тон-генератора. Тон-генератор воспроизводит те же самые звуки, которые производятся синтезатором-передатчиком. Таким образом, любой звук, производимый синтезатором, одновременно воспроизводится модулем тон-генератора. В качестве практического применения эта система обеспечивает вывод совмещенного (двойного) голоса: два совершенно разных голоса (тембра) могут воспроизводиться абсолютно в унисон, или два различных компонента одного составного голоса могут воспроизводиться вместе. Очевидно, что при таком способе производства звуков отпадает необходимость в одновременной игре

двух разных клавиатур. Кроме того, эту систему можно расширить путем подачи сигнала с MIDI РЕТРАНСЛЯТОРа первого тон-генератора на второй тон-генератор и т. д. Конечно же, управление MIDI в реальном времени не ограничивается только воспроизведением звуков (нот). Принимающий тон-генератор будет реагировать на изменение высоты тона, изменение положения индекса модуляции, ножного и дыхательных контроллеров, изменение чувствительности клавиатуры к скорости нажатия и силе давления на клавишу. Таким образом, имеется возможность полного управления системой.

Следует отметить, что MIDI-система допускает возможность по одному кабелю управлять данными 16 отдельных каналов (инструментов). Это возможно потому, что каждое самостоятельное MIDI-«сообщение» может кодироваться номером канала. Кроме того, большую часть MIDI-устройств можно настроить на прием или передачу данных, закодированных определенным номером канала. Если инструмент принимает команду, закодированную своим собственным номером, то он выполняет ее. Если же данные закодированы другим номером MIDI-канала, то он проигнорирует команду и будет ждать следующего MIDI-сообщения. Таким образом MIDI-устройства соединяют в цепочку, где канал приема каждого устройства в такой цепочке настроен так, что он реагирует только на правильно закодированную информацию.

Так как MIDI разработан для обеспечения полной совместимости аппаратуры, то и все сообщения, использованные в передаче информации, стандартизированы и могут приниматься всеми MIDI-устройствами. Единственное исключение из них составляет специальная категория ПРИВИЛЕГИРОВАННЫХ СИСТЕМНЫХ СООБЩЕНИЙ (Sistem exclusive message), которая зарезервирована отдельными производителями музыкальной аппаратуры для передачи данных между определенными устройствами.

Цифровые сообщения форматов MIDI данных состоят из серий нулей и единиц. Имеется возможность представить 256 различных значений всего одним байтом. Однако для передачи данных к началу и к концу байта присоединяют «стартовый» и «стоповый» биты, для того чтобы указать принимающему устройству, что «байт приходит» и «байт закончен» соответственно. Для каждого байта данных передается общая сумма, которая составляет 10 бит: восемь стандартных и два стартовых.

При кодировании байта данных используется 16-ричная система счисления, где вместо десятичных чисел (от 0 до 9) используются буквы алфавита, так же как числа для обозначения 16 величин одним символом.

Каждое MIDI-сообщение состоит из 2 или 3 байтов, за исключением привилегированных системных сообщений, которые могут состоять из большего количества байтов: один байт состояний и два байта данных.

Первый передающий байт — это байт СОСТОЯНИЯ, который сообщает принимающему устройству о типе следующих за ним данных (какая группа MIDI-данных) и о номере канала, если сообщение идет из группы канальных сообщений. Следующие один или два байта сообщают приемнику, какую операцию надо выполнить и «как много» (например, насколько необходимо переместить индекс модуляции).

Данные передаются с высокой скоростью — 31,25 килобайта в секунду, и поэтому задержка операциями на приемном устройстве практически не ощущается.

В настоящее время системой MIDI охвачены практически все электромузыкальные инструменты, выпускаемые зарубежными фирмами. К аппаратуре, имеющей MIDI, относятся: синтезаторы, сэмплеры, клавиатуры, программаторы ритмов, секвенсеры, тон-генераторы, эспандеры, электронные пиано, электрические пиано, музыкальные компьютеры, процессоры MIDI-событий, блоки МИДИ-управления, MIDI-конвертеры и другое оборудование.

MIDI — это великолепный пример эффективности слияния технологии и мастерства. Как бы то ни было, MIDI в основном зависит от творческой активности и изобретательности тех, кто находит ему новые применения и направления его использования. Настоящее и бу-

дущее MIDI в руках музыкантов, композиторов и программистов.

Компоненты зарубежных MIDI музыкальных систем

Цифровой программируемый синтезатор фирмы Yamaha ДХ-11. Для ДХ-11 взята форма четырехоператорного ЧМ тонгенератора. Синтезатор предлагает полный 8-голосный многотембровый режим работы, давая возможность играть одновременно восемью голосами от собственной клавиатуры или от внешнего секвенсера, компьютера. ДХ-11 имеет набор из 128 пресетных тембров с возможностью редактирования, что позволяет создавать новые собственные тембры в короткий промежуток времени. ДХ-11 полностью совместим с MIDI, передает и принимает все типы MIDI-данных, принимая функции либо мастерской клавиатуры, либо многотембрового тон-генератора. Клавиатура синтезатора чувствительна к силе и скорости нажатия. Набор внутренних специальных эффектов, включающих регулируемую задержку повторения и функцию установки аккорда, делает возможным игру установленными аккордами простым нажатием клавиши. Микронастройка позволяет ДХ-11 генерировать звуки точно нота в ноту как отличное гранд-пиано. Имеется возможность осуществить точную или грубую настройку или настроить всю клавиатуру для различных музыкальных стилей. Используется 16-символьный 2-строчный жидкокристаллический дисплей. Размеры 901×63, 3×297,7 мм. Масса 7 кг. ДХ-11 — последняя разработка фирмы. На рынке синтезаторы появились в 1988 г.

ЧМ тон-генератор ТХ-802 фирмы Yamaha — это последний из серии ЧМ тонгенераторов, выпущенной фирмой в 1988 г. Он имеет 128 пресетных тембров, 64 ячейки памяти пользователя и 64 тембра, размещенных на компакт-кассете памяти. По различным MIDI-каналам может передаваться до восьми различных голосов. Имеет шесть операторов, работающих в 32 алгоритмах. Одновременно может формировать 16 голосов, задающих максимально до восьми тембров. Регуляторы передней панели обеспечивают редактирование тембров. Имеет жидкокристаллический дисплей. Размеры 480×94, 5×287 мм. Масса 4,9 кг.

Цифровой программатор ритма фирмы Yamaha RX-120 — это последний из серии программаторов ритмов, выпущенный фирмой в 1988 г. Он имеет 38 комбинаций для ударных инструментов, непосредственно закодированных импульсно-кодовой модуляцией, и 40 основных ритмических комбинаций с 12-нотной полифонией. Каждая ритмическая комбинация имеет три вариации, два заполнения инструментом, внутреннее окончание и выключение. Все, что должен сделать музыкант, это выбирать и сочетать ритмические комбинации и вариации, чтобы создать песню полностью. RX-120 полностью обеспечивает эксплуатационную гибкость для творческого процесса при возможности ручного управления игрой альпийских колокольчиков или хлопка́ми. Масса 1,5 кг. Размеры 350×54×5×91. Вид сбоку ДХ-11 см. стр. 34 вверху.

DX11



Компоненты отечественных MIDI музыкальных систем

В настоящее время усилиями специалистов УПО «Вектор» и Кировского политехнического института закончена разработка первых отечественных электромузыкальных инструментов, имеющих встроенные MIDI-системы.

Клавиатура «Артон» МК-085 — контроллер клавишных инструментов. Позволяет управлять работой по MIDI одним из 16 инструментов или всеми одновременно. Клавиатура инструмента чувствительна к скорости нажатия клавиши, обеспечивает управление высотой тона, модуляцией, громкостью, портаменто, сустейном и может выбирать один из 128 тембров управляемого инструмента. Работает в стандартном режиме MIDI, что обеспечивает совместимость с зарубежной аппаратурой. Кроме того, предусмотрены возможность транспортирования музыкального строя и изменение чувствительности клавиатуры. Может использоваться как элемент музыкального компьютера, а также на эстраде и в студиях компьютерной музыки.

Тон-генератор «Артон» ТГ-084 — безклавиатурный вариант синтезатора. Обеспечивает 8-голосный режим работы. Используются 128 ЧМ тембров, которые можно подвергнуть редактированию. 64 тембра после редактирования можно хранить в ОЗУ. Имеется суммарный и 8-голосный выход, а также предусмотрена комбинация голосов и тембров. Имеет MIDI ВХОД, ВЫХОД и РЕТРАНСЛЯТОР. В совокупности с клавиатурой и ПЭВМ позволяет создать музыкальный компьютер. Используется в концертной деятельности. В тонгенераторе применяется широко известный операторный алгоритмический ЧМ-синтез.



Создание соответствующих отечественных высококачественных разработок электромузыкальных инструментов позволит сохранить валютные ассигнования на закупку аналогичных технических средств за рубежом. Из шестидесяти функциональных видов аппаратуры, известных в мировой практике производства, у нас в стране их насчитывается не более двадцати.

Н. К. ЛЯДОВ

ЧТО МЕШАЕТ РАЗВИТИЮ МУЗЫКАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ?

Уровень развития культуры и искусства современного общества в значительной степени определяется технической оснащенностью соответствующих областей деятельности, а успешное соревнование с Западом возможно только при наличии самых современных средств художественного творчества, одним из которых являются электромузыкальные инструменты.

Электронные технические средства и музыка в настоящее время приобрели официальный статус и заняли место в ряду других видов современной деятельности. Они представлены Международной конференцией электроакустической музыки, входящей в состав Международного музыкального совета при ЮНЕСКО, Ассоциацией компьютерной музыки, Международной ассоциацией музыкального цифрового интерфейса MIDI совместимой аппаратуры, а также рядом региональных и национальных организаций. Производством электромузыкальных инструментов (ЭМИ) и эстрадных усилительно-акустических устройств (УАУ) занимаются более 80 фирм в различных странах мира. Ведущими странами по разработке и производству аппаратуры являются Япония, США, ФРГ.

В нашей стране разработкой и производством аппаратуры занимается 21 предприятие восьми министерств. По данным межреспубликанской ярмарки товаров культурно-бытового назначения, состоявшейся в 1988 г., предприятия страны планируют выпустить 31 наименование ЭМИ и более 60 наименований УАУ. В 1989 г. планируется выпустить 40 тыс. клавишных ЭМИ. Большой объем производства ЭМИ и УАУ (32%) приходится на УПО «Вектор».

Для примера отмечу, что Япония производит клавишных ЭМИ более 300 тыс. штук в год.

Несмотря на то что в отечественном производстве осваиваются новые виды аппаратуры, серийные и разрабатываемые образцы по своим характеристикам, потребительским свойствам значительно уступают аппаратуре, производимой зару-

бежными фирмами. Так, зарубежные ЭМИ с программированными параметрами имеют не менее восьми голосов, не более четырех органов оперативной регулировки и содержат цифровой интерфейс MIDI. В то же время отечественные ЭМИ, как правило, одноголосые, программирование параметров не предусмотрено, имеют до 40 органов оперативной регулировки, интерфейс отсутствует. Кроме того, отсутствие в стране системного подхода приводит к дублированию разработок и выпуску однотипной аппаратуры.

Так, по мнению музыкантов, ЭМИ «Лель», «Юность», «Фаэми», «Электроника» — это инструменты-близнецы, мало чем отличающиеся по функциональным возможностям. Инструменты выпускаются разрозненно, отдельными моделями. Инструментов высокого класса, удовлетворяющих широкому кругу потребителей, в стране не появилось. Фактически предприятия выпускают и разрабатывают аппаратуру, аналоги которой на Западе давно уже сняты с производства. В итоге отечественные ЭМИ в лучшем случае соответствуют запросам любительских коллективов и начинающих музыкантов.

Из 60 функциональных видов аппаратуры, известных в мировой практике производства, у нас в стране их насчитывается не более 30. Отечественная музыкальная аппаратура выпускается без MIDI, в то время как зарубежные фирмы с 1983 г. выпускают изделия с единым стандартом.

Опыт зарубежных фирм говорит, что системный подход дает больше преимуществ как для потребителя, так и для производителя. Выпуск серии инструментов, имеющих общий стиль исполнения, унифицированные узлы снижают себестоимость изготовления и, естественно, цену самого инструмента. Потребитель может выбрать из этой серии модели в соответствии со своими целями и задачами. Примером системного подхода можно считать модульные НХ системы Electone, выпускаемые фирмой «Ямаха». Эта система включает в себя три типа тонгенераторов, два типа клавиатур, несколько типов стоек, серию УАУ с разным диапазоном мощностей.

В деятельности зарубежных фирм четко прослеживается тенденция развития следующих функциональных групп:

— портативные клавишные ЭМИ с встроенными акустическими системами, пресетными тембрами, авторитмом и несколькими вариантами аккомпанемента (ритмическим, басовым аккордовым);

— синтезаторы с программируемыми параметрами, системой MIDI, использующие ЧМ-синтез, волновую память и линейно-арифметический синтез;

— сэмплеры — инструменты с возможностью непосредственного кодирования и записи в память натуральных и синтезированных звуков;

— электронные ударные инструменты, синтезирующие и воспроизводящие традиционные акустические ударные инструменты. Основу этой группы составляют программаторы ритмов или ритм-машины.

Широкое применение находят также контроллеры клавишных, духовых и других инструментов, в основу которых положен MIDI-процессор. К сожалению, широкому кругу потребителей у нас в стране не знакома такая аппаратура, в то время как на зарубежном рынке она представлена в изобилии.

В центральной прессе отмечалось, какие масштабы приобрел дефицит высококачественной музыкальной аппаратуры, которую на черном рынке можно приобрести, заплатив за образец от 3000 до 15 000 рублей.

При всей кажущейся насыщенности рынка электромузыкальной аппаратурой спрос на нее в несколько раз превышает предложение. По данным ВЦСПС, потенциальными покупателями являются 100 600 вокально-инструментальных ансамблей, без учета потребности музыкальных школ, училищ, консерваторий, а также возможного экспорта в другие страны. В среднем каждый инструментальный ансамбль эксплуатирует два клавишных инструмента. Промышленность же предлагает три функциональных вида в количестве 13 тыс. ежегодно. Для того чтобы полностью укомплектовать ВИА новыми инструментами, промышленности потребуется как минимум 7 лет, сменяемость же моделей происходит раз в 3÷4,5 года. С такими объемами производства промышленность никогда не удовлетворит запросов потребителей, т. е. дефицит запланирован на перспективу.

Дефицит высококачественных клавишных инструментов частично компенсируется ввозом в страну по полулегальным каналам более 3000 штук зарубежных образцов ежегодно.

Такое положение дел можно объяснить.

Во-первых, со стороны головной организации по данному направлению техники — научно-исследовательского и конструкторско-технологического института музыкальной промышленности (НИКТИМП) Минместпрома РСФСР — отсутствует координация работ и не выработана идеология разработки аппаратуры. Следует особо отметить, что профиль головной организации — это традиционные акустические музыкальные инструменты, и он не соответствует данному направлению радиоэлектронной техники.

В 1981 г. была проведена последняя, IV всесоюзная научно-техническая конференция по ЭМИ, на которой были рассмотрены состояние и перспективы развития электромузыкальных инструментов. Единственным утешением была состоявшаяся в 1988 г Всесоюзная научно-теоретическая конференция «Музыкальное мышление. Проблемы анализа и моделирования», на которой впервые затрагивались вопросы компьютерной музыки и технических средств. Приходится констатировать, что до сих пор наша страна не входит и не участвует в работе вышеуказанных международных организаций, которые координируют работу, обмениваются опытом, вырабатывают единые требования к аппаратуре, т. е. фактически мы находимся в изоляции от внешнего мира.

Во-вторых, состояние нормативно-технической документации, призванной регулировать технический уровень аппаратуры, оказало существенное влияние на качество разработок. Документация представлена двумя ГОСТами: ГОСТ 26453—85 «Инструменты электромузыкальные клавишные. Общие технические условия» и ГОСТ 4.133—85 «Система показателей качества». Внимательно ознакомившись с этими документами, даже неспециалисту станет ясно, что показатели качества, заложенные ГОСТами, отражают технический уровень зарубежной аппаратуры 70-х годов.

На Западе единственными критериями уровня являются сбыт продукции и коэффициент цена/возможность. У нас же каждый показатель явля-

ется обязательным и стандарт требует его выполнения, в то время как за рубежом они носят рекомендательный характер. Наша страна не имеет также стандарта на цифровой интерфейс музыкальных инструментов — MIDI.

В-третьих, затруднен выбор реального зарубежного аналога (при существующей системе определения технического уровня), который выбирается, как правило, по рекламным проспектам или описаниям в журналах. Информация из этих источников достоверных сведений об инструменте не содержит. Головной институт НИКТИМП полной информации по аналогу не предоставляет, а централизованная покупка импортной аппаратуры не производится.

У нас сложилась парадоксальная ситуация — с одной стороны, мы хотим выпускать аппаратуру по крайней мере не хуже зарубежной, а с другой — конструктор разрабатывает изделие вслепую, так как не имеет возможности познакомиться с лучшими мировыми образцами и тем более принципами их построения и работы. Предприятия, как правило, для самостоятельных закупок валюты не имеют. О/О «Союзпромвнедрение» закупает устаревшую аппаратуру, которая снята или снимается с производства. Кроме того, образцы предоставляются только под ОКР и оговариваются рядом условий, не приемлемых для разработчиков, — это масса и энергопотребление, которые для ЭМИ не относятся к определяющим. Остается только надеяться на то, что зарубежные фирмы проникнутся сочувствием и подарят необходимые образцы.

В-четвертых, состояние элементной базы и материалов в значительной мере сдерживало разработки. Существуют только две специализированные серии микросхем К145 и КР1012, применяемые в ЭМИ, которые из-за ограниченности способа синтеза уже не удовлетворяют современным требованиям. Занимая монопольное положение на рынке микроэлектроники, Минэлектронпром проблемами специализированной элементной базы не занимается, так же как и головная организация НИКТИМП. Применение же микросхем общепромышленного назначения приводит к усложнению схемотехнического построения аппаратуры. Так, для реализации ЧМ-синтеза фирма «Ямаха» использует две СБИС, в то время как реализация этого способа на отечественной элементной базе требует 120÷140 корпусов микросхем.

Известная японская фирма «Ямаха» приняла в 1971 г. дальновидное решение — организовать собственное производство специализированных микросхем для ЭМИ. Это решение способствовало прорыву фирмы на мировом рынке музыкальных инструментов.

Отсутствие в достаточном количестве современных материалов, таких, как пластик АБС, сополимеры МСН и НСМ, полиамиды ПА, лакокрасочные материалы широкой цветовой гаммы, ограничивает возможности разработки аппаратуры с современным дизайном и внешним видом.

И наконец, на качество работ оказало влияние обилие согласующих инстанций. Для согласования документации и утверждения образцов требуется пройти 12 согласующих организаций: головную организацию НИКТИМП, О/О «Союзпромвнедрение», дизайн-центр и т. д. Следует особо отметить, что согласующие организации в процессе производства утвержденных ими изделий участия не принимают и не несут никакой ответственности за их сбыт. «Союзпромвнедрение» является лишь посреднической организацией между производителем и потребителем и не может представлять полноправные интересы тех, кто будет использовать эту аппаратуру. Весь процесс разработки можно ограничить рамками одной лаборатории, в которой документация без всяких формальностей моментально воплощалась бы в живой организм.

Нашим разработчикам приходится только мечтать о самостоятельности западных фирм в вопросах разработки и постановки продукции на производство. Что касается интересов потребителей, то на Западе их представляют ассоциации потребителей или центры сертификации качества.

Перспектива развития будет зависеть от того, кто определяет нашу техническую политику. В настоящее время при сложившейся годами системе руководящие посты конструкторских бюро заняты людьми, не обладающими достаточной компетенцией, толком не знающими не только как, но и что надо выпускать, а также не владеющими элементарной терминологией. Спекулянты, которые толкутся у комиссионных магазинов, знают гораздо лучше, что сейчас нужно покупателю.

Для скорейшего выхода на мировой уровень целесообразно создать в стране научно-производственный центр музыкальной электроники, который занимался бы фундаментальными работами по теории музыки и синтезу звука, схемотехнике и программированию, разработке элементной базы, который представлял бы советские предприятия в международных организациях.

Что касается разрыва в уровне аппаратуры, то все дело в интересе к производству музыкальной электронной техники и неформальному отношению к новой музыке. Возможности прорыва на данном направлении техники гораздо больше, чем по бытовой радиоэлектронной аппаратуре.

БК ЗА РОГА

О. Ю. СЕМЕНОВ

При работе с компьютером БК-0010-01 на языке MSX-BASIC иногда по каким-либо причинам бывает желательно отключить звуковой сигнал клавиатуры. Хочу предложить пользователям БК-0010-01 «драйвер бесшумной клавиатуры», позволяющий сделать это чисто программным путем.

Для записи драйвера на магнитофон необходимо набрать небольшую программу на БЕЙСИКе:

```
10 DATA 287, 5599, −22336, 1088, 135, 5623, −32152, 20, 259, 5623
20 DATA — 32004, 12, 2335, −28448, 4454, 2551, 4, 95, 0, 3039, 148, 770
30 DATA 2527, −28322, 5599, −1, 146, 5568, 3000, 32257, 95, −31670
40 DATA 5623, −30716, −70, 5599, 266, 48, 5599, 274, 188, 5599, 256
50 DATA 1088, 95, −24448
60 FOR A% = 256 TO 346 STEP 2
70 READ D%
80 POKE A%, D%
90 NEXT A%
100 END
```

После запуска в стековой области формируется подпрограмма в машинных кодах, которую следует записать на магнитофон командой

BSAVE «SNDOFF», 256, 348.

Для загрузки драйвера необходимо набрать команду

BLOAD «SNDOFF», R

(обязательно с 'R'!) и включить магнитофон на воспроизведение. После получения сообщения «Ok» звук отключен. Для разгрузки драйвера (и восстановления звука) следует использовать команду

A=USR (A)

(определение функции USR выполняется автоматически при загрузке драйвера).

Дополнительная информация для тех, кто использует подпрограммы в кодах: адрес загрузки драйвера: &0400 (256)
длина после загрузки: &0134 (92)
После включения драйвера в систему его длина уменьшается до &0100 (64)

Кроме того, хотелось бы сделать замечание по поводу размера стековой области в компьютере БК-0010-01 (см. вып. 9, 1988, с. 25). В упомянутой статье большой размер стека объясняется предполагаемым использованием данной версии БЕЙСИКа в БК-0011. Практика показала, что не требуется 128 Кбайт ОЗУ для того, чтобы заполнить стековую область. Для этого достаточно выполнить оператор PAINT для закраски области весьма сложной формы. Следовательно, в программах, использующих этот оператор, подпрограммы в кодах, размещаемые в области стека, следует использовать с осторожностью.

Нам пишут

МП

МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СРЕДСТВА И СИСТЕМЫ

2 | 1989

ISSN 0233-4844



Начиная с этого номера журнала, мы будем публиковать материалы, посвященные автомобильной электронике. Возрастающий интерес к данной тематике обусловлен принципиальной возможностью улучшения характеристик автомобиля с помощью микроэлектронных средств.

Применение МП и МП-систем в автомобиле осуществляется для управления различными узлами, особенно двигателем, и создания сервиса.

Комплект БИС серии КМ1823 позволяет создать электронные блоки (контроллеры) микропроцессорных систем, обеспечивающие управление углом зажигания в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя, нагрузки, температуры охлаждающей жидкости и управления топливоподачей в режиме принудительного холостого хода.

Процессор КМ 1823ВУ1 предназначен для вычисления угла зажигания как функции частоты вращения коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания, угла его поворота; формирования импульсов, определяющих момент зажигания, а также сигнала управления электромагнитным клапаном экономайзера принудительного холостого хода. Для синхронизации работы процессора с работой двигателя используется сигнал датчика начала отсчета, а для вычисления угла зажигания и угла поворота коленчатого вала — сигнал датчика угловых импульсов. Эти сигналы предварительно обрабатываются устройством ввода-вывода КМ1823ВВ1, с выходов которого они подаются в процессор. Другие БИС серии КМ1823: формирователь зажигания КМ1823АГ1, контроллер системы зажигания КМ1823Г13, а также варианты реализации на основе этих БИС электронных блоков и систем управления двигателями будут рассмотрены в последующих номерах.

Публикуемые материалы полезны широкому кругу автолюбителей, работникам автомобильной промышленности, включая и предприятия автосервиса, студентам недавно созданной специальности «автомобильная электроника».

В тематической подборке статей приводятся общие сведения о САПР цифровых устройств на ПЛИС. Большинство современных специализированных БИС для построения высокоэффективных МП-систем проектируются на основе полузаказных БИС: базовых матричных кристаллах (БМК) и программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС). Выбор исходной полузаказной БИС зависит от стадии жизненного цикла системы: разработки и подготовки к серийному производству, серийного освоения (роста), внедрения (зрелости) и старения (спада). На этапах разработки и роста системы целесообразно использовать недорогие, доступные в изготовлении за короткий срок и легко заменяемые ПЛИСы.

Таким образом, при проектировании системы будут учтены не только технические характеристики БИС, но и экономические аспекты их применения, что значительно снижает общую стоимость системы.

Для изделий, выпускаемых малыми и средними тиражами (до 2000 штук), применение ПЛИС в качестве основы в 2 раза выгоднее по сравнению с ИС малой и средней степени интеграции и в 3—4 раза выгоднее, чем использование БМК и полностью заказных БИС. Особенно существенный выигрыш дает ПЛИС в сроках разработки и готовности изделия, так как они обеспечивают 5—10-кратное ускорение проектирования БИС по сравнению с другими технологиями.

При этом важнейшими факторами, гарантирующими успех, являются следующие преимущества технологии ПЛИС: сжатые сроки поставки готовых качественных микросхем, широкий ассортимент и разнообразные технические возможности; поддержка средств конструкторской разработки с помощью ЭВМ, простота перехода от ПЛИС и БМК к полностью заказным БИС; состояние и обнадеживающие перспективы развития номенклатуры отечественных ПЛИС.

Отечественная промышленность предлагает разработчикам системы ПЛИС двух типов: программируемые логические матрицы (ПЛМ) и микросхемы программируемой матричной логики (ПМЛ). К первым относятся микросхемы серий К556, ко вторым — серии К1556. ПЛИС серии К556 содержат программируемые матрицы И и ИЛИ, а ПЛИС серии К1556 — только матрицы И.

Первые три статьи содержат технические характеристики, описание структуры, режимов

языка программирования и системы проектирования ПМЛ серии К1556. В остальных двух статьях даны обобщенные характеристики системы проектирования устройств на основе ПЛМ серии К556.

В разделе «Микропроцессорная техника» описан минимальный набор БИС управления, включающий контроллеры, форматор данных и блок защиты информации, достаточный для построения систем памяти на СБИС ЗУ ЦМД.

Предложена автоматизированная система тестирования запоминающих устройств на цилиндрических магнитных доменах, ее основой является микро-ЭВМ, совместимая с СМ1800, СМ1300 и «Электроника 60». Применение этой системы обеспечивает изготовление ЦМД ЗУ на основе любых из разработанных в настоящее время ЦМД МС: К1602РЦ2, К1605РЦ1, МЦ706, К1602РЦ3 с вероятностью сбоя на уровне 10^{-11} 1/бит.

В разделе «Программное обеспечение» анализируются принципы объектно-ориентированного программирования.

Рассматривается объектно-ориентированное программирование (ООП) на базе новой парадигмы программирования. Понятие объекта соответствует общедисциплинарному понятию «система», что облегчает постановку и решение задач на ЭВМ в самых разных предметных областях. Дан анализ влияния новой парадигмы на язык, на систему и на технологию программирования. Для иллюстрации основных механизмов ООП используется язык-система Small Talk-80.

Предложен опыт борьбы с программой-вирусом. Описываются разработанные в ИПС АН СССР программные средства диагностики и лечения инфицированных программ и защиты от программ-вирусов ПЭВМ класса IBM PC XT/AT.

Система управления реляционными базами данных PD BMS для ОС RT=11 TSX+ обеспечивает программный интерфейс к БД для языков высокого уровня. Она не критична к объему памяти ЭВМ, имеет простой и удобный язык формулирования запросов к БД.

Раздел «Робототехника» открывает материал В. Г. Сайкина о новой модели учебного оборудования для организации начального обучения основ программирования, управления робототехническими устройствами и знакомства с элементами гибких производственных систем в общеобразовательной школе.

Изложены принципы комплексирования вычислительных средств с использованием мультипортовой памяти как главного связующего узла системы. Приведены варианты построения интерфейсов вычислительных средств с применением механизмов расширения адресации, ориентированных на обработку изображений. Рассмотрена структура специализированного устройства сопряжения «Пиксел».

Коллектив разработчиков под руководством И. М. Макарова представляет учебную ГПС — универсальный лабораторный комплекс, разработанный на кафедре «Проблемы управления» МИРЭА, для вузов, техникумов и предприятий, осуществляющих подготовку и переподготовку кадров по роботехнике и ГПС. Структура аппаратных и программных средств учебной ГПС состоит из шести модулей: центра механообработки тел вращения, автоматизированного склада, транспортной тележки и трех роботизированных сборочных центров (специализированного, универсального и адаптивного). Они красочно представлены на вкладке. Общее управление режимами работы ГПС осуществляется от мини-ЭВМ «Мера-60».

Дано описание опытно-промышленного образца комплектной системы ЧПУ СКАН-5, построенной на базе дисплейного вычислительного комплекса. Системой реализуется прямое цифровое управление четырехкоординатными станками, роботами или робототехническими комплексами.

Теперь о третьем выпуске журнала (№ 3, 1989). Читателям, следящим за материалами нашей рубрики «БК за рога», будет интересно познакомиться с подборкой из 10 статей по ПЭВМ БК-0010. В статье А. П. Казанцева и др. «Указатель информации и интерфейс цветного телевизора для микро-ЭВМ «Электроника БК-0010» рассмотрены схемы, конструкция и обслуживающие программы указателя графической информации для ПЭВМ. В статье П. В. Полянского «Электроника БК-0010» в системах исследования объектов с распределенными деленными параметрами» описан способ контроля с помощью ПЭВМ распределения плотности тока луча при электронно-лучевой сварке. В. Т. Монахов в статье «Программное обеспечение ПЭВМ серии «Электроника БК-0010» дает анализ системных и прикладных программ, рассказывает об опыте работы московских любителей ПЭВМ и основных задачах Межотраслевого специализированного фонда алгоритмов и программ для ПЭВМ (МСФАП ПЭВМ) при «Элекс». Э. М. Пройдаков в статье «Введение в мониторы микро-ЭВМ» дает терминологию его создания, а также некоторые особенности техники программирования мониторов.

Е. И. БАБИЧ

Сюита для персонального компьютера с оркестром.
С98 — М.: Знание, 1989. — 48 с. — (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Вычислительная техника и ее применение»; № 6).
ISBN 5-07-000511-1
20 к.

Еще в памяти те времена, когда музыка и математика были антиподами. Теперь же и композитор и музыкант включили в свой инструментарий персональную ЭВМ и получили на том значительные преимущества в своей работе. Однако не так просто было объединить бит и ритм, байт и такт. О том, как это удалось сделать, и рассказывает брошюра.
Рассчитана на широкий круг читателей.

2404000000 ББК 32.973



Научно-популярное издание

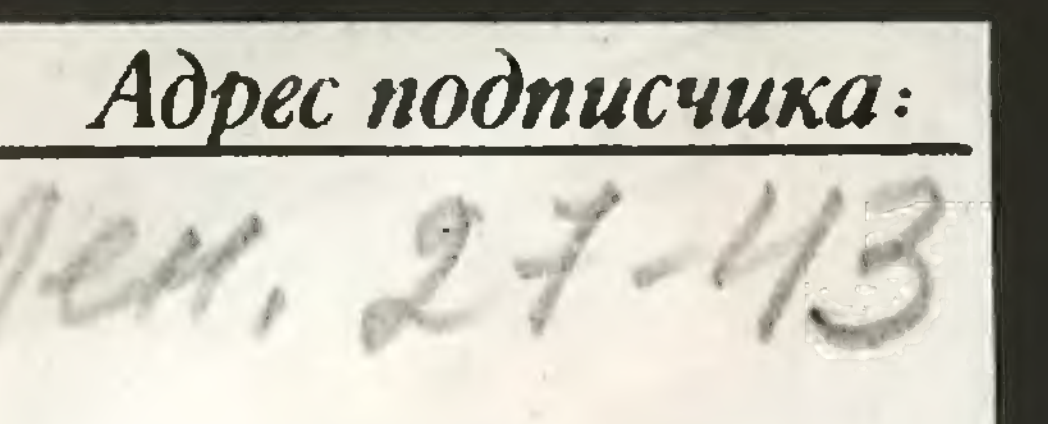
СЮИТА ДЛЯ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА С ОРКЕСТРОМ

Гл. отраслевой редактор *Л. А. Ерлыкин*
Зам. гл. отраслевого редактора *Г. Г. Карвовский*
Редактор *Б. М. Васильев*
Мл. редактор *Н. А. Васильева*
Художники *В. Н. Конюхов* и *К. Н. Мошкин*
Худож. редактор *М. А. Гусева*
Техн. редактор *А. М. Красавина*
Корректор *В. И. Гуляева*

ИБ № 10167

Сдано в набор 22.02.89. Подписано к печати 25.04.89. Т-00983. Формат бумаги $70 \times 100^1/_{16}$. Бумага офсетная. Гарнитура журнально-рубленая. Печать офсетная. Усл. печ. л. 3,90. Усл. кр.-отт. 8,45. Уч.-изд. л. 4,78. Тираж 68 222 экз. Заказ 91. Цена 20 коп. Издательство «Знание». 101835, ГСП, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Индекс заказа 89 4706.
Ордена Трудового Красного Знамени Калининский полиграфический комбинат Государственного комитета СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 170024, г. Калинин, пр. Ленина, 5.

Цена 20 коп. Индекс 70195





Подписная научно-популярная серия

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЕ

Компьютеры способны генерировать звуки, которые нельзя извлечь ни из одного музыкального инструмента. Оба вида звуков можно с успехом объединить в музыкальном произведении, организован тесный контакт между композитором и теми, кто конструирует компьютеры и создает для них программное обеспечение. Композитор, использующий такие электронные устройства для создания "оркестра" звуков, ограничен только своим воображением.

Пьер Булез, Эндрю Герчо

Наш адрес:
СССР,
Москва.
Центр,
проезд
Серова, 4